



TUGAS AKHIR - MN 141581

DESAIN *HIGH - SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL)* UNTUK DAERAH PELAYARAN BATAM - SINGAPURA

**RADITYO NUGRA ERLANGGA
NRP 4113 100 088**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

DESAIN *HIGH - SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL)* UNTUK DAERAH PELAYARAN BATAM - SINGAPURA

**RADITYO NUGRA ERLANGGA
NRP 4113 100 088**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

DESIGN OF HIGH - SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL) FOR BATAM - SINGAPORE ROUTE

**RADITYO NUGRA ERLANGGA
NRP 4113 100 088**

**Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *HIGH – SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL)* UNTUK DAERAH PELAYARAN BATAM – SINGAPURA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada


Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RADITYO NUGRA ERLANGGA
NRP 4113 100 088

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing


Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 24 JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN *HIGH – SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL)* UNTUK DAERAH PELAYARAN BATAM – SINGAPURA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 10 Januari 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RADITYO NUGRA ERLANGGA

NRP 4113 100 088

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

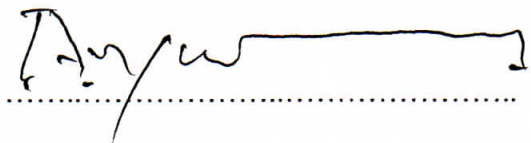
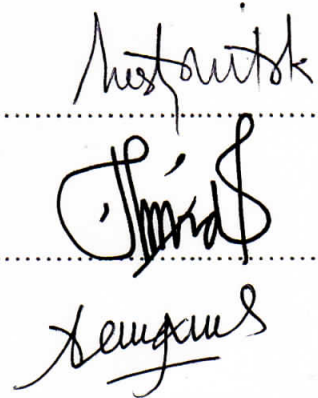
1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

2. Ardi Nugroho Yulianto, S.T., M.T.

3. Teguh Putranto, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



SURABAYA, 24 JANUARI 2018

Dipersembahkan untuk Allah SWT, Papa, Mama, dan Keluarga atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah S.W.T karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir yang berjudul *"Desain High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil) untuk Daerah Pelayaran Batam – Singapura"* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Kedua orangtua Penulis, Ir. Dodit Triasembodo dan Ernie Damayanti, S.Psi. serta keluarga besar yang telah memberi dukungan, doa dan motivasi dari segi moril dan ekonomis;
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas izin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. dan Ir. Budie Santosa, M.T. selaku Dosen Wali selama masa perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
5. Teman – teman Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS 2013 (P-53 SUBMARINE), HIMATEKPAL FTK ITS, dan teman satu Dosen Wali yang telah memberikan pembelajaran dan pengalaman dalam hidup Penulis;
6. Dwiko Hardianto, Fajar Ramadhan, Ericza Damaranda S., Andre P. Setiawan, Dina Ayu P., Mayangkara Pasha M., dan Kevin Alfinno, H.B. selaku teman seperjuangan Tugas Akhir yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
7. M. Farhanuddien Anhar, Bimo Taufan D., Yuda Wikara K., Rijal Ahmadi, Rahman Adly W., Arie Julianto, M. Gifari Rusdi, M. Taufik, Rizain A., Wahyu Pristiawan A. yang telah menjadi teman permainan Penulis semasa perkuliahan;
8. Rizka Arie H. (P-52), Regi Yudha D. (P-53), Pradipta R. H. (P-53), Agil Fakhri D. (P-54), Febry Wonggiawan (Perkapalan Undip), dan M. Ridho (Perkapalan UI) yang telah membantu Penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi bagi banyak pihak.

Surabaya, 24 Januari 2018

Radityo Nugra Erlangga

DESAIN *HIGH – SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL)* UNTUK DAERAH PELAYARAN BATAM – SINGAPURA

Nama Mahasiswa : Radityo Nugra Erlangga
NRP : 4113 100 088
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Batam merupakan kota dengan letak yang strategis yang berada di jalur pelayaran internasional dan memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura. Jarak pelayaran dari Batam ke Singapura adalah ± 40 kilometer atau ± 22 nautical miles dan pada umumnya *ferry* dari Batam menuju Singapura digunakan oleh para pekerja yang bekerja di Singapura namun berdomisili di Batam karena biaya hidup di Batam yang lebih murah daripada Singapura begitupun sebaliknya. Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah dibutuhkannya *ferry* yang lebih cepat dan dirasa mampu untuk membantu sarana transportasi para pekerja untuk sampai ke Singapura atau Batam lebih cepat dengan harga tiket yang relevan. *Payload* kapal adalah berdasarkan hasil analisis perhitungan *existing ferries* yang dinilai paling ekonomis kemudian didapat *payload* luasan dek dan ukuran utama kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis yang meliputi hambatan dan propulsi, berat, dimensi *foil* dan *strut*, *freeboard*, stabilitas, dan *trim*. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{OA} = 38.5$ m; $L_{PP} = 35.5$ m; $B = 8.7$ m; $H = 2.5$ m; $T = 1.63$ m; dan jenis *foil* yang digunakan pada bagian belakang dan depan adalah NACA 64₁-212 dengan dimensi *foil* belakang ($s = 8.7$ m; $c = 1.15$ m) dan *foil* depan ($s = 6.5$ m; $c = 1.15$ m). Jenis *foil* pada *strut* adalah NACA 0015 dengan dimensi *strut* belakang luar ($s = 7.2$ m; $c = 1.15$ m), *strut* belakang tengah ($s = 4.025$ m; $c = 1.15$ m) dan *strut* depan ($s = 5$ m; $c = 1.15$ m). Tinggi *freeboard* minimum sebesar 94 mm, besar tonase adalah 218.48 GT, dan kondisi stabilitas *Ferry Hydrofoil* memenuhi kriteria *Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1* dan *HSC Code 2000*. Biaya total pembangunan kapal sebesar Rp 74,598,978,402.

Kata kunci: Batam, Cepat, *Ferry*, *Hydrofoil* (*foil*, *strut*, dan NACA), Kapal Cepat, Pekerja, Singapura

DESIGN OF HIGH – SPEED PASSENGER CRAFT (FERRY HYDROFOIL) FOR BATAM – SINGAPORE ROUTE

Author : Radityo Nugra Erlangga
Student Number : 4113 100 088
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Batam is strategically located city for international shipping line and it shares maritime borders with Singapore. The cruise distance between Batam to Singapore is ± 40 kilometer or ± 22 nautical miles and generally, a ferry which cruises from Batam to Singapore is used by workers that lives in Batam but works in Singapore. The reason behind this is because the cost of living in Batam is much cheaper than it is in Singapore. The purpose of this thesis is that a much faster ferry with a reasonable price is required to help the workers reach their destination faster. The ship's payload is based on the result of calculation on the most economical existing ferry and then the payload of deck area and the main dimension of the ship is obtained. The technical calculation such as resistance, propulsion, weight, foil and strut dimension, freeboard, stability, and trim is calculated after the ship's payload is obtained. The main dimension of the ship are $L_{OA} = 38.5$ m; $L_{PP} = 35.5$ m; $B = 8.7$ m; $H = 2.5$ m; $T = 1.63$ m and the foil type that is used in the after and fore section is NACA 64₁-212 with the after foil dimension ($s = 8.7$ m; $c = 1.15$ m) and the fore foil ($s = 6.5$ m; $c = 1.15$ m). The type of foil on strut is NACA 0015 with the dimension of after strut is ($s = 7.2$ m; $c = 1.15$ m), middle after strut ($s = 4.025$ m; $c = 1.15$ m) and fore strut ($s = 5$ m; $c = 1.15$ m). The minimum freeboard height is 94 mm, the tonnage of the ship is 218.48 GT, and the stability condition Ferry Hydrofoil has met the criteria of Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1 and HSC Code 2000. The cost of building on a new ship is Rp 74,598,978,402.

Keywords: Batam, Ferry, Hydrofoil (foil, strut, and NACA), High – Speed Craft, worker, Singapore

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR REVISI..... | iv |
| HALAMAN PERUNTUKAN..... | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR SIMBOL | xv |
| Bab I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| I.2. Perumusan Masalah..... | 2 |
| I.3. Tujuan..... | 2 |
| I.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| I.5. Manfaat..... | 3 |
| I.6. Hipotesis..... | 3 |
| Bab II STUDI LITERATUR | 5 |
| II.1. Dasar Teori..... | 5 |
| II.1.1. Kapal Motor Penyeberangan | 5 |
| II.1.2. Kapal Cepat (<i>High – Speed Craft</i>)..... | 7 |
| II.1.3. <i>Hydrofoil</i> | 8 |
| II.1.4. Karakteristik Kapal <i>Hydrofoil</i> | 9 |
| II.1.5. Komponen Kapal <i>Hydrofoil</i> | 10 |
| II.1.6. Tipe – tipe <i>Hydrofoil</i> | 12 |
| II.1.7. Hambatan Kapal | 13 |
| II.1.8. Teori <i>Lift</i> dan <i>Drag</i> pada <i>Foil</i> | 20 |
| II.1.9. The NACA <i>Airfoil Series</i> | 23 |
| II.1.10. <i>Theory of Wing Sections</i> | 29 |
| II.1.11. Sistem Propulsi Kapal <i>Waterjet</i> | 30 |
| II.1.12. Proses Desain | 36 |
| II.1.13. Bentuk Lambung Series 65 (<i>Series 65 Hull Form</i>) | 37 |
| II.1.14. Perhitungan Stabilitas | 38 |
| II.1.15. Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>) | 44 |
| II.2. Tinjauan Pustaka | 45 |
| II.2.1. Perkembangan Desain Kapal <i>Hydrofoil</i> | 45 |
| II.2.2. Pemilihan Jenis <i>Foil</i> | 48 |
| II.2.3. Perencanaan Keselamatan (<i>Safety Plan</i>) | 51 |
| II.2.4. Analisis Ekonomi | 57 |
| II.3. Tinjauan Wilayah | 58 |
| Bab III METODOLOGI | 61 |
| III.1. Diagram Alir | 61 |
| III.2. Tahap Pengerjaan | 62 |
| III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah..... | 62 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| III.2.2. | Tahap Studi Literatur | 62 |
| III.2.3. | Tahap Pengumpulan Data | 62 |
| III.2.4. | Tahap Pengolahan Data | 63 |
| III.2.5. | Tahap Perencanaan | 63 |
| III.2.6. | Perhitungan Biaya | 64 |
| III.2.7. | Kesimpulan dan Saran | 64 |
| Bab IV | ANALISIS TEKNIS | 65 |
| IV.1. | Umum | 65 |
| IV.2. | Penentuan <i>Payload</i> | 65 |
| IV.3. | Penentuan Ukuran Utama Kapal | 72 |
| IV.3.1. | Penentuan Koefisien Kapal | 74 |
| IV.4. | Perhitungan Teknis | 76 |
| IV.4.1. | Perhitungan Hambatan dan Sistem Propulsi Kapal | 77 |
| IV.4.2. | Penentuan Spesifikasi Mesin Utama, Mesin Bantu, dan Propulsi <i>Waterjet</i> ... | 78 |
| IV.4.3. | Perhitungan Konsumsi Kapal | 81 |
| IV.4.4. | Peralatan dan Perlengkapan Kapal | 83 |
| IV.4.5. | Perhitungan Berat Kapal | 85 |
| IV.4.6. | Perhitungan Displasemen Kapal | 91 |
| IV.4.7. | Perhitungan Dimensi <i>Foil</i> dan <i>Strut</i> | 91 |
| IV.4.8. | Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>) | 98 |
| IV.4.9. | Perhitungan <i>Trim</i> Kapal | 99 |
| IV.4.10. | Perhitungan Stabilitas Kapal | 99 |
| IV.4.11. | Perhitungan Tonase Kapal | 104 |
| IV.4.12. | Pembuatan Desain Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>) | 105 |
| IV.4.13. | Pembuatan Desain Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>) | 109 |
| IV.4.14. | Pembuatan Desain Rencana Keselamatan (<i>Safety Plan</i>) | 111 |
| IV.4.15. | Pembuatan Desain Model 3 Dimensi (<i>3D Model</i>) | 118 |
| Bab V | ANALISIS EKONOMIS | 121 |
| V.1. | Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Awal Kapal (<i>Building Cost</i>) | 121 |
| V.2. | Biaya Operasional Kapal (<i>Operational Cost</i>) | 126 |
| V.3. | <i>Payback Period</i> | 127 |
| V.4. | <i>Break-even Point</i> (BEP) | 128 |
| V.5. | <i>Net Present Value</i> (NPV) | 145 |
| V.6. | <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) | 146 |
| Bab VI | KESIMPULAN DAN SARAN | 149 |
| VI.1. | Kesimpulan | 149 |
| VI.2. | Saran | 150 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 151 |
| LAMPIRAN | | |
| LAMPIRAN A | DATA PENDUKUNG TUGAS AKHIR | |
| LAMPIRAN B | PERHITUNGAN TEKNIS DESAIN <i>FERRY HYDROFOIL</i> | |
| LAMPIRAN C | PERHITUNGAN EKONOMIS DESAIN <i>FERRY HYDROFOIL</i> | |
| LAMPIRAN D | DESAIN <i>LINES PLAN FERRY HYDROFOIL</i> | |
| LAMPIRAN E | DESAIN <i>GENERAL ARRANGEMENT FERRY HYDROFOIL</i> | |
| LAMPIRAN F | DESAIN <i>SAFETY PLAN FERRY HYDROFOIL</i> | |
| LAMPIRAN G | DESAIN 3D MODEL <i>FERRY HYDROFOIL</i> | |
| BIODATA PENULIS | | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|--------|
| Gambar II. 1 Kapal <i>Ferry</i> Penyeberangan..... | 5 |
| Gambar II. 2 Kapal <i>Ferry Ro - Ro</i> | 6 |
| Gambar II. 3 <i>Fast Ferry</i> | 7 |
| Gambar II. 4 Komponen Kapal <i>Hydrofoil</i> | 11 |
| Gambar II. 5 <i>Hydrofoil</i> Bentuk-U (<i>U – Shaped</i>)..... | 12 |
| Gambar II. 6 <i>Hydrofoil</i> Bentuk-T (<i>T – Shaped</i>) | 12 |
| Gambar II. 7 Grafik Koefisien <i>Lift Planing Surface</i> | 19 |
| Gambar II. 8 <i>Lift</i> dan <i>Drag</i> | 21 |
| Gambar II. 9 Perbedaan Tekanan antara Permukaan | 22 |
| Gambar II. 10 NACA <i>Airfoil Geometry</i> | 23 |
| Gambar II. 11 <i>Lift Coefficient</i> NACA 64 ₁ -212..... | 29 |
| Gambar II. 12 <i>Drag Coefficient</i> NACA 64 ₁ -212..... | 30 |
| Gambar II. 13 Diagram Dimensi <i>Inlet</i> Sistem <i>Waterjet</i> | 33 |
| Gambar II. 14 <i>Spiral Design</i> | 37 |
| Gambar II. 15 <i>Body Plan</i> Series 65 | 38 |
| Gambar II. 16 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali..... | 40 |
| Gambar II. 17 Kondisi Stabilitas Positif..... | 41 |
| Gambar II. 18 Kondisi Stabilitas Netral | 42 |
| Gambar II. 19 Kondisi Stabilitas Negatif | 42 |
| Gambar II. 20 Cacilhas <i>Jetfoil</i> | 46 |
| Gambar II. 21 Taipa <i>Jetfoil</i> | 46 |
| Gambar II. 22 Madeira <i>Jetfoil</i> yang Mengalami Kecelakaan..... | 47 |
| Gambar II. 23 <i>Jetfoil</i> Bima Samudera I..... | 47 |
| Gambar II. 24 Hasil Perbandingan <i>Aspect Ratio</i> dan <i>Lift/Drag</i> pada Kedua Jenis NACA..... | 50 |
| Gambar II. 25 Spesifikasi <i>Life Buoy</i> | 52 |
| Gambar II. 26 Spesifikasi <i>life jacket</i> | 53 |
| Gambar II. 27 <i>Liferaft</i> | 54 |
| Gambar II. 28 Spesifikasi Gambar <i>Assembly Station</i> | 54 |
| Gambar II. 29 Rute Penyeberangan Batam – Singapura | 58 |
| Gambar II. 30 Pelabuhan <i>Ferry</i> Batam Center, Batam | 59 |
| Gambar II. 31 Pelabuhan Harbourfront Centre, Singapura | 59 |
| Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir | 61 |
| Gambar IV. 1 Perbandingan Jumlah Penumpang dan Konsumsi Bahan Bakar <i>Ferry Existing</i> (l/hr)..... | 67 |
| Gambar IV. 2 Perbandingan Jumlah Penumpang dan Konsumsi Bahan Bakar <i>Ferry Existing</i> (g/kWh)..... | 67 |
| Gambar IV. 3 Biaya Operasional Batamfast 18 | 68 |
| Gambar IV. 4 Biaya Operasional Batamfast 19 dan 20 | 68 |
| Gambar IV. 5 Biaya Operasional Wavemaster 3, 8, dan 9..... | 69 |
| Gambar IV. 6 Biaya Operasional Wavemaster 5, 6, dan 7 | 69 |

| | |
|---|---------|
| Gambar IV. 7 Biaya Operasional Horizon 6, 7, 8, dan 9..... | 70 |
| Gambar IV. 8 Biaya Operasional Queenstar 1 dan 2 | 70 |
| Gambar IV. 9 Biaya Operasional Kapal yang paling Relevan | 71 |
| Gambar IV. 10 <i>Upper Deck</i> | 73 |
| Gambar IV. 11 <i>Main Deck</i> | 73 |
| Gambar IV. 12 Series 65-B | 75 |
| Gambar IV. 13 Pemodelan Awal dengan <i>Re-Drawing</i> | 75 |
| Gambar IV. 14 Data Hidrostatik..... | 76 |
| Gambar IV. 15 Spesifikasi Mesin Utama..... | 78 |
| Gambar IV. 16 Data Mesin Utama..... | 78 |
| Gambar IV. 17 Spesifikasi Mesin Bantu | 79 |
| Gambar IV. 18 Data Mesin Bantu | 79 |
| Gambar IV. 19 Dimensional Mesin Bantu | 80 |
| Gambar IV. 20 Spesifikasi <i>Waterjet</i> | 80 |
| Gambar IV. 21 Dimensional <i>Waterjet</i> | 80 |
| Gambar IV. 22 Nilai <i>Power</i> pada tiap Jenis <i>Waterjet Rolls - Royce</i> | 81 |
| Gambar IV. 23 Spesifikasi Kursi Penumpang..... | 84 |
| Gambar IV. 24 Spesifikasi <i>Life Raft</i> | 84 |
| Gambar IV. 25 Spesifikasi <i>Life Jacket</i> | 85 |
| Gambar IV. 26 Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dan Nilai <i>Lift</i> yang Dihasilkan | 94 |
| Gambar IV. 27 Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dan Nilai <i>Lift</i> yang Dihasilkan | 96 |
| Gambar IV. 28 Kotak <i>Dialog Section Calculation Options</i> | 100 |
| Gambar IV. 29 Perencanaan Tangki – tangki pada Kapal | 101 |
| Gambar IV. 30 Peletakan Perencanaan Tangki Kapal | 101 |
| Gambar IV. 31 <i>Lines Plan Ferry Hydrofoil</i> | 106 |
| Gambar IV. 32 <i>Size Surfaces</i> | 107 |
| Gambar IV. 33 Pengaturan Jumlah <i>Station</i> | 107 |
| Gambar IV. 34 <i>Calculate Hydrostatics</i> pada <i>Design Modeler</i> | 108 |
| Gambar IV. 35 <i>Side View Ferry Hydrofoil</i> | 109 |
| Gambar IV. 36 <i>Layout Upper Deck Ferry Hydrofoil</i> | 110 |
| Gambar IV. 37 <i>Layout Main Deck Ferry Hydrofoil</i> | 110 |
| Gambar IV. 38 <i>Layout Below Main Deck Ferry Hydrofoil</i> | 111 |
| Gambar IV. 39 Pemodelan 3D pada <i>Software Design Modeler</i> | 119 |
| Gambar IV. 40 Tampak Perspektif 3D <i>Ferry Hydrofoil</i> | 119 |
| Gambar IV. 41 Desain Interior <i>Main Deck Ferry Hydrofoil</i> | 120 |
| Gambar IV. 42 Tampak Perspektif (Belakang) 3D <i>Ferry Hydrofoil</i> | 120 |
| Gambar IV. 43 Desain Interior <i>Upper Deck Ferry Hydrofoil</i> | 120 |
| Gambar V. 1 Grafik <i>Payback Period Ferry Hydrofoil</i> | 128 |
| Gambar V. 2 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekdays</i>) [1] | 129 |
| Gambar V. 3 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekend</i>) [1] | 129 |
| Gambar V. 4 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekdays</i>) [1]..... | 130 |
| Gambar V. 5 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekend</i>) [1] | 130 |
| Gambar V. 6 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekdays</i>) [1] | 131 |
| Gambar V. 7 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekend</i>) [1]..... | 131 |
| Gambar V. 8 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak-anak (<i>Weekdays</i>) [1] | 132 |
| Gambar V. 9 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak-anak (<i>Weekend</i>) [1] | 132 |
| Gambar V. 10 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekdays</i>) [2]..... | 133 |
| Gambar V. 11 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekend</i>) [2] | 133 |

| | |
|--|-----|
| Gambar V. 12 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekdays</i>) [2] | 134 |
| Gambar V. 13 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekend</i>) [2] | 134 |
| Gambar V. 14 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekdays</i>) [2] | 135 |
| Gambar V. 15 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekend</i>) [2] | 135 |
| Gambar V. 16 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekdays</i>) [2] | 136 |
| Gambar V. 17 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekend</i>) [2] | 136 |
| Gambar V. 18 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekdays</i>) [3] | 137 |
| Gambar V. 19 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekend</i>) [3] | 137 |
| Gambar V. 20 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekdays</i>) [3] | 138 |
| Gambar V. 21 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (<i>Weekend</i>) [3] | 138 |
| Gambar V. 22 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekdays</i>) [3] | 139 |
| Gambar V. 23 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekend</i>) [3] | 139 |
| Gambar V. 24 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekdays</i>) [3] | 140 |
| Gambar V. 25 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekend</i>) [3] | 140 |
| Gambar V. 26 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekdays</i>) [4] | 141 |
| Gambar V. 27 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (<i>Weekend</i>) [4] | 141 |
| Gambar V. 28 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (<i>Weekdays</i>) [4] | 142 |
| Gambar V. 29 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (<i>Weekend</i>) [4] | 142 |
| Gambar V. 30 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekdays</i>) [4] | 143 |
| Gambar V. 31 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Dewasa (<i>Weekend</i>) [4] | 143 |
| Gambar V. 32 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekdays</i>) [4] | 144 |
| Gambar V. 33 Grafik BEP Tiket <i>Economy</i> Anak – anak (<i>Weekend</i>) [4] | 144 |
| Gambar V. 34 Grafik Rekapitulasi NPV <i>Ferry Hydrofoil</i> | 146 |
| Gambar V. 35 Grafik Rekapitulasi Perhitungan IRR <i>Ferry Hydrofoil</i> | 147 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel II. 1 <i>Harga Effective Form Factor</i> | 16 |
| Tabel II. 2 Keuntungan, Kerugian, dan Aplikasi dari penggunaan NACA Airfoil Series..... | 27 |
| Tabel II. 3 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B | 45 |
| Tabel II. 4 Hasil Analisa <i>Angle of Attack</i> 0° dan 30° | 48 |
| Tabel II. 5 Hasil Analisa L / D <i>Angle of Attack</i> 0° | 48 |
| Tabel II. 6 Hasil Analisa L / D <i>Angle of Attack</i> 30° | 49 |
| Tabel II. 7 Hasil Perbandingan <i>Lift</i> dan <i>Drag</i> NACA 23021 | 49 |
| Tabel II. 8 Hasil Perbandingan <i>Lift</i> dan <i>Drag</i> NACA 64 _A -212..... | 50 |
| Tabel IV. 1 Data Kapal <i>Ferry Existing</i> pada Penyeberangan Batam - Singapura..... | 66 |
| Tabel IV. 2 <i>Payload</i> Luasan Dek | 72 |
| Tabel IV. 3 Rekapitulasi Nilai Hambatan dan Propulsi | 77 |
| Tabel IV. 4 Perhitungan Komponen Berat DWT | 86 |
| Tabel IV. 5 Perhitungan Komponen Berat LWT | 87 |
| Tabel IV. 6 Rekapitulasi Komponen Berat LWT | 90 |
| Tabel IV. 7 Rekapitulasi Komponen Berat DWT dan LWT | 90 |
| Tabel IV. 8 Pemeriksaan Displasemen Kapal | 91 |
| Tabel IV. 9 Nilai C _L dan C _D NACA 64 ₁ -212 | 92 |
| Tabel IV. 10 Nilai <i>Lift Force</i> pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan | 93 |
| Tabel IV. 11 Nilai <i>Drag Force</i> pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan..... | 94 |
| Tabel IV. 12 Nilai <i>Lift Force</i> pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan | 96 |
| Tabel IV. 13 Rekapitulasi Ukuran Dimensi <i>Foil</i> dan <i>Strut</i> Kapal..... | 98 |
| Tabel IV. 14 Rekapitulasi Perhitungan Lambung Timbul | 98 |
| Tabel IV. 15 Rekapitulasi Perhitungan <i>Trim</i> | 99 |
| Tabel IV. 16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> (IS Code) | 103 |
| Tabel IV. 17 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> (HSC Code 2000) | 104 |
| Tabel IV. 18 Ketentuan Jumlah <i>Life Buoy</i> | 112 |
| Tabel IV. 19 Perencanaan Jumlah dan Peletakan <i>Life Buoy</i> | 113 |
| Tabel IV. 20 Kriteria Ukuran <i>Life Jacket</i> | 113 |
| Tabel IV. 21 Perencanaan Jumlah dan Peletakan <i>Life Jacket</i> | 114 |
| Tabel V. 1 Rekapitulasi Biaya Bahan Konstruksi Kapal | 121 |
| Tabel V. 2 Rekapitulasi Biaya Perlengkapan dan Perlengkapan..... | 122 |
| Tabel V. 3 Rekapitulasi Biaya Tenaga Penggerak | 125 |
| Tabel V. 4 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal Kapal | 125 |
| Tabel V. 5 Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi..... | 126 |
| Tabel V. 6 Rekapitulasi Biaya Estimasi Operasional Kapal | 127 |
| Tabel V. 7 Perencanaan Harga Tiket <i>Ferry Hydrofoil</i> | 127 |
| Tabel V. 8 Rekapitulasi Perhitungan NPV <i>Ferry Hydrofoil</i> | 145 |
| Tabel V. 9 Rekapitulasi Perhitungan IRR <i>Ferry Hydrofoil</i> | 147 |
| Tabel V. 10 Pemilihan Harga Tiket <i>Ferry Hydrofoil</i> | 148 |
| Tabel V. 11 Nilai IRR Harga Tiket Versi 1 | 148 |
| Tabel V. 12 Nilai NPV Harga Tiket Versi 1 | 148 |
| Tabel V. 13 <i>Payback Period</i> Harga Tiket Versi 1..... | 148 |

DAFTAR SIMBOL

| | | |
|------------|---|---------------------|
| A_{Air} | = <i>Air exposed transverse area</i> | |
| ACS | = <i>Automatic Control System</i> | |
| A_i | = Luasan <i>inlet</i> pompa | |
| A_{BT} | = <i>Transverse area of bulbous bow</i> | |
| A_n | = Luasan <i>nozzle</i> pompa | |
| AR | = <i>Aspect Ratio</i> | |
| A_{Tr} | = <i>Immersed transom area when at rest</i> | |
| b | = Lebar permukaan terangkat (<i>planing surface</i>) | (m) |
| B | = <i>Breadth</i> (lebar kapal) | (m) |
| BHP | = <i>Break Horse Power</i> | (BHP) |
| c | = Panjang <i>chord foil</i> | (m) |
| C_A | = Koefisien tahanan udara | |
| C_B | = Koefisien blok | |
| C_D | = Koefisien <i>drag</i> | |
| C_{FO} | = Koefisien <i>friction</i> | |
| C_L | = Koefisien <i>lift</i> | |
| C_M | = Koefisien <i>midship</i> | |
| C_P | = Koefisien prismatik berdasarkan panjang garis air | |
| C_V | = Koefisien kecepatan | |
| C_{WP} | = <i>Waterplane area coefficient</i> | |
| DHP | = <i>Delivery Horse Power</i> | (HP) |
| D_i | = Diameter <i>inlet</i> pompa | |
| D_n | = Diameter <i>nozzle</i> pompa | |
| EHP | = <i>Effective Horse Power</i> | (HP) |
| F_b | = Lambung timbul (<i>freeboard</i>) | (m) |
| $F_{n(L)}$ | = <i>Froude number based on waterline-length</i> | |
| F_{nV} | = <i>Froude number based on displacement volume</i> | |
| g | = Percepatan gravitasi | (m/s ²) |
| GT | = <i>Gross Tonnage</i> | (GT) |
| GZ | = Lengan dinamis | |
| H | = <i>Height</i> (tinggi kapal) | (m) |
| h_B | = <i>Height of centroid of A_{BT} above keel</i> | |
| i_E | = <i>Half angle of waterline entrance</i> | |
| JVR | = <i>Jet Velocity Ratio</i> | |
| KG | = <i>Center of gravity</i> | (m) |
| LCB | = <i>Longitudinal position of the centre of buoyancy</i> | (m) |
| LCG | = <i>Longitudinal position of the centre of gravity</i> | (m) |

| | | |
|-----------------|--|----------------------|
| L_{PP} | = <i>Length between Perpendicular</i> | (m) |
| L_{OA} | = <i>Length Overall</i> | (m) |
| L_{WL} | = <i>Length of Waterline</i> | (m) |
| L_R | = Panjang bagian kapal yang mengalami tahanan langsung | (m) |
| MCR | = <i>Maximum Continuous Rating</i> | (HP) |
| MDO | = <i>Marine Diesel Oil</i> | |
| MFO | = <i>Marine Fuel Oil</i> | |
| NT | = <i>Net Tonnage</i> | (NT) |
| OPC | = <i>Overall Propulsive Coefficient</i> | |
| Q_j | = Kapasitas aliran yang melewati <i>jet</i> | |
| R_n | = <i>Reynolds Number</i> | |
| R_A | = Hambatan udara kapal | (kN) |
| R_F | = Hambatan gesek kapal | (kN) |
| R_T | = Hambatan total kapal | (kN) |
| S | = <i>Wetted surface area</i> | (m ²) |
| S_{+App} | = <i>Wetted surface area with appendages</i> | (m ²) |
| $S_{bilgekeel}$ | = Luas <i>bilge keel</i> | (m ²) |
| S_{rudder} | = Luas <i>rudder</i> yang tercelup air | (m ²) |
| S | = Jarak pelayaran | (nm) |
| S | = Luas proyeksi <i>foil</i> | (m ²) |
| s | = Panjang <i>span foil</i> | (m) |
| SFC | = <i>Specific Fuel Consumption</i> | (g/kWh) |
| SHP | = <i>Shaft Horse Power</i> | (HP) |
| t | = <i>Thrust deduction</i> | |
| T | = Sarat kapal | (m) |
| T_A | = Sarat buritan | (m) |
| T_F | = Sarat haluan | (m) |
| V_s | = Kecepatan dinas kapal | (knot) |
| V_{max} | = Kecepatan maksimal kapal | (knot) |
| $V_{takeoff}$ | = Kecepatan kapal saat badan kapal mulai terangkat | (knot) |
| w | = fraksi arus ikut (<i>wake fraction</i>) | |
| Δ | = <i>Displacement</i> kapal | (ton) |
| ∇ | = <i>Volume displacement</i> | (m ³) |
| β | = sudut <i>deadrise</i> dari <i>planing surface</i> | (derajat) |
| ρ | = Massa jenis | (kg/m ³) |
| τ | = Sudut <i>trim</i> kapal | (derajat) |
| μ | = Viskositas absolut dinamis | (m ² /s) |
| ν | = Viskositas kinematik fluida | (m ² /s) |
| η_H | = <i>Hull efficiency</i> | |
| η_J | = <i>Waterjet efficiency</i> | |
| η_P | = <i>Pump efficiency</i> | |
| η_R | = <i>Relative efficiency</i> | |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Kota Batam adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Wilayah kota Batam terletak di Pulau Batam dan seluruh wilayahnya dikelilingi Selat Singapura dan Selat Malaka. Batam adalah kota terbesar di Kepulauan Riau dan kota terbesar keempat di wilayah Sumatera setelah Medan, Palembang dan Pekanbaru. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Batam per tahun 2015, jumlah penduduk di Batam mencapai 1.164.352 jiwa. Wilayah Metropolitan Pulau Batam terdiri dari tiga pulau, yaitu Batam, Rempang dan Galang yang dihubungkan oleh sebuah jembatan, yakni Jembatan Bareleng. Batam merupakan salah satu kota dengan letak yang sangat strategis. Selain berada di jalur pelayaran internasional, kota ini memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura dan Malaysia. Batam merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan terpesat di Indonesia. Ketika dibangun pada tahun 1970-an oleh Otorita Batam (saat ini bernama BP Batam), kota ini hanya dihuni sekitar 6.000 penduduk dan dalam tempo 40 tahun penduduk Batam bertumbuh hingga 158 kali lipat (Wikipedia, 2017).

Hidrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Ini menyebabkan pengurangan gesekan dan oleh karena itu peningkatan dalam kecepatan (Wikipedia, 2016).

Jarak pelayaran dari Kota Batam ke Singapura adalah \pm 35 sampai 40 kilometer atau sekitar 20 sampai 21 *nautical mile*. Dengan itu pada umumnya kapal *ferry* dari Batam menuju Singapura digunakan oleh para pekerja. Banyak orang yang bekerja di Singapura namun berdomisili di Batam karena biaya hidup di Batam yang lebih murah daripada Singapura begitupun sebaliknya. Maka dari itu kapal *ferry* yang lebih cepat dirasa mampu untuk membantu sarana transportasi para pekerja ini untuk sampai ke Singapura atau Batam lebih cepat dengan harga yang relevan dimana kapal *ferry* dari Batam ke Singapura menempuh waktu rata – rata hingga 60 menit atau 1 jam.

I.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan jumlah penumpang (*payload*) yang sesuai?
2. Bagaimana mendapatkan ukuran utama *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai?
3. Bagaimana mendapatkan desain rencana garis (*lines plan*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai?
4. Bagaimana mendapatkan desain rencana umum (*general arrangement*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai?
5. Bagaimana mendapatkan desain rencana keselamatan (*safety plan*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai?
6. Bagaimana mendapatkan desain 3D *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai?
7. Bagaimana mendapatkan ukuran *foil* yang sesuai?
8. Bagaimana mendapatkan harga tiket yang relevan dari *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* untuk Pelayaran Batam – Singapura?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan jumlah penumpang (*payload*) dengan melakukan perhitungan nilai ekonomis kapal yang sudah ada (*existing*)
2. Mendapatkan ukuran utama *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai
3. Mendapatkan desain rencana garis (*lines plan*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai
4. Mendapatkan desain rencana umum (*general arrangement*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai
5. Mendapatkan desain rencana keselamatan (*safety plan*) *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai
6. Mendapatkan desain 3D *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai

7. Mendapatkan ukuran (dimensi) *foil* dan *strut* yang sesuai dengan kebutuhan kapal
8. Mendapatkan harga tiket yang relevan dengan melakukan analisis ekonomis

I.4. Batasan Masalah

Batasan – batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *conceptual design*.
2. Tidak memperhitungkan perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang dan kekuatan melintang
3. Desain hidrofoil hanya terbatas pada sistem, tidak memperhitungkan dari segi hidrodinamika

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai sarana transportasi para pekerja di Singapura yang berdomisili di Batam atau sebaliknya agar lebih cepat untuk sampai tempat tujuan dengan mengefisiensi waktu
2. Sebagai referensi bagi pengusaha kapal *ferry* mengenai aspek teknis dan ekonomis dari adanya *Ferry Hydrofoil*

I.6. Hipotesis

Mendapatkan desain *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* yang sesuai dengan pelayaran Batam – Singapura dengan waktu pelayaran yang lebih cepat atau efisien waktu beserta harga yang relevan dan memenuhi kebutuhan sarana transportasi pekerja yang berdomisili di Batam ataupun sebaliknya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Pada Bab II ini berisikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

II.1.1. Kapal Motor Penyeberangan

Kapal Motor Penyeberangan atau Feri adalah kapal yang digunakan untuk angkutan penumpang, dapat berupa kapal Ro – Ro atau untuk perjalanan pendek terjadwal dalam bentuk kapal feri. Kapal Motor Penyeberangan (KMP) adalah tipe kapal yang digunakan sebagai angkutan penyeberangan antar pulau yang mengangkut kendaraan, barang, dan penumpang. Jangkauan penyeberangan kapal tipe KMP adalah dalam tujuan jarak dekat sehingga sering disebut sebagai transportasi pantai, sungai, dan danau (Rohmadhana, 2016).



(Sumber: <https://www.youtube.com>)

Gambar II. 1 Kapal Ferry Penyeberangan

Gambar II.1 merupakan salah satu contoh bentuk kapal motor penyeberangan jenis feri yang digunakan sebagai angkutan penumpang.

Ada beberapa tipe KMP yang ada di Indonesia, antara lain sebagai berikut:

1. *Roll On – Roll Off (Ro – Ro) Ferry*

Ro – Ro merupakan singkatan dari *Roll On – Roll Off*. Kapal ini memiliki fungsi seperti jembatan yang bergerak, dengan itu apapun bisa melewatinya. Sesuai dengan namanya, *roll on – roll off* adalah suatu kapal feri yang mempunyai dua jalur pintu masuk depan dan pintu belakang. Penumpang beserta bawaan termasuk mobil, motor, bus, ataupun truk bisa masuk dari pintu depan dan keluar dari pintu belakang. Jadi mobil tidak perlu parkir lagi untuk keluar. Tempat muatan untuk kendaraan – kendaraan ditempatkan pada geladak utama (*main deck*) dan di bawah geladak utama (*under main deck*), untuk jenis Ro – Ro yang lebih besar.



(Sumber: <https://www.merdeka.com>)

Gambar II. 2 Kapal Ferry Ro - Ro

Sedangkan untuk penumpang ditempatkan pada dek 1, 2, dan 3 tergantung dari berapa besar kapal tersebut. Kapal feri jenis ini sudah digunakan di Indonesia sejak lama, kapal – kapal inilah yang menghubungkan Pulau – pulau yang ada di Indonesia seperti Pulau Sumatera dan Pulau Jawa, Pulau Jawa dan Pulau Bali, Pulau Jawa dan Pulau Madura, dan pulau – pulau lainnya (Rohmadhana, 2016).

2. *Fast Ferry*



(Sumber: <http://www.penguin.com.sg/>)

Gambar II. 3 *Fast Ferry*

Kapal ini disebut *fast ferry* karena kecepatannya lebih cepat dari kapal feri biasa. Biasanya kapal jenis ini dipakai di daerah perairan atau laut yang tidak bergelombang tinggi sehingga sangat cocok untuk transportasi pantai, sungai, dan danau yang tidak bergelombang besar. Kapal – kapal jenis ini banyak digunakan oleh perusahaan pelayaran kapal penumpang yang menghubungkan pulau – pulau kecil, seperti Batam – Singapura, Batam – Malaysia, Batam – Tanjung Pinang, dan Batam – Riau. Feri jenis ini hanya mampu memuat penumpang dan bagasi penumpang saja dengan jumlah tertentu dan tidak bisa digunakan untuk memuat mobil, atau kendaraan lainnya, karena ukurannya relatif lebih kecil daripada jenis feri lainnya (Rohmadhana, 2016).

II.1.2. Kapal Cepat (*High – Speed Craft*)

High – speed craft (HSC) atau kapal cepat adalah kapal yang berkecepatan tinggi untuk penggunaan sipil atau disebut juga *ferry* cepat. Pertama kali kapal jenis *high – speed craft* sering ditemukan pada *hydrofoil* atau *hovercraft*, tetapi pada tahun 1990-an kapal dengan desain lambung katamaran atau *monohull* lebih populer. Kebanyakan dari kapal jenis *high – speed craft* berfungsi sebagai kapal *ferry* penumpang, bahkan dengan desain lambung katamaran yang besar dapat mengangkut mobil dan angkutan besar seperti bus. Desain dari lambungnya didukung oleh pompa jet yang dihubungkan dengan mesin diesel berkecepatan sedang.

Desain dan peraturan keselamatan kapal jenis *high – speed craft* diatur pada *High – Speed Craft Codes* 1994 dan 2000 yang diadopsi oleh *Maritime Safety Committee* dari *International Maritime Organisation* (IMO).

Sesuai dengan SOLAS Chapter X Reg. 1.3, *high – speed craft* adalah kapal dengan kecepatan maksimum dalam kecepatan meter per detik (m/s) sama atau melebihi kecepatan:

$$3.7 \times \nabla^{0.1667}$$

dimana ∇ adalah *volume displacement* dalam meter kubik sesuai dengan desain permukaan garis air (Wikipedia, 2016).

II.1.3. Hydrofoil

Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Ini menyebabkan pengurangan gesekan dan oleh karena itu peningkatan dalam kecepatan (Wikipedia, 2016). *Hydrofoil* awal menggunakan sayap atau *foil* berbentuk-U dan jenis ini dikenal sebagai *surface – piercing* karena sebagian dari *hydrofoil* ini akan terangkat di atas permukaan air. *Hydrofoil* modern menggunakan *foil* berbentuk-T yang keseluruhannya berada di bawah air. *Hydrofoil* merupakan kendaraan sebagai hasil rekayasa yang paling revolusioner di bidang maritim.

Hydrofoil dapat dikategorikan dengan beberapa cara, yaitu tipe elemen *foil* (*sub-cavitating*, *super-cavitating*, dan *super-ventilated*). Konfigurasi *foil* relatif terhadap permukaan air (*surface – piercing ladder foils*, *tandem submerged foils*, *surface piercing V – foils* dan *grunberg configuration*), pengaturan distribusi luasan *foil* (*conventional*, *canard* dan *tandem*).

Pada prinsipnya *hydrofoil* sama dengan kapal laut. Letak perbedaannya adalah dapat meluncur dengan cepat dan mempunyai sayap yang dapat melintasi air. Sayap ini disebut *foil* atau *hydrofoil* (arti: sayap air). Bentuk sayap ini mirip dengan sayap udara (*airfoil*) yang terdapat pada pesawat terbang. Sayap pada *hydrofoil* melekat pada topangan yang membentang kebawah dari lambung kapal. Terdapat dua pasang *foil* dalam kendaraan ini, satu diletakkan di pusat gravitasi kapal dan satu pasang lainnya diletakkan dekat bagian belakang kapal. Pada saat meluncur dengan kecepatan rendah atau sedang, *hydrofoil* tampak seperti kapal konvensional yang badannya (lambung) masuk ke dalam air (Wonggiawan, 2014).

Terlepas dari keuntungan yang signifikan dalam hal kecepatan, *hydrofoil* unggul dalam hal manuver dan lebih stabil dibandingkan kapal konvensional. Dengan *foil* dibuat dengan sudut kemiringan tertentu (*angle of attack*), dapat membantu menyeimbangkan kekuatan sentrifugal (Wonggiawan, 2014). Kekurangan dari penggunaan *hydrofoil* ini adalah dari segi pemasangan *hydrofoil* yang kompleks dan lebih mahal daripada kapal konvensional dan biaya perawatan yang tinggi, lalu dapat membahayakan biota – biota laut yang ada di dalam laut

karena yang ditakutkan adalah terhantamnya biota laut tersebut oleh permukaan *hydrofoil* yang cukup tajam. Kemudian karena kecepatan yang digunakan oleh *hydrofoil* cukup tinggi (sekitar 40 – 50 knots) maka *hydrofoil* ini dapat kehilangan kendali sehingga dapat terjadi tabrakan.

Karena udara dan air yang diatur oleh persamaan cairan yang sama, meskipun dengan tingkat yang jauh berbeda dari densitas, viskositas, dan kompresibilitas, *hydrofoil* dan *airfoil* menciptakan gaya angkat dengan cara yang sama. *Foil* ini dibentuk untuk bergerak dengan lancar melalui air yang menyebabkan arus yang akan dibelokkan ke bawah yang menurut Hukum Ketiga Newton tentang gerak karena diberikannya gaya ke atas pada *foil*. Hal ini menyebabkan tekanan tinggi di bagian bawah dan mengurangi tekanan pada bagian atas *foil*. Perbedaan tekanan ini disertai dengan perbedaan kecepatan, melalui Prinsip Bernoulli sehingga *flowfield* yang dihasilkan *foil* memiliki kecepatan rata – rata yang lebih tinggi pada satu sisi dibanding yang lain.

Ketika digunakan sebagai elemen *lifting* pada kapal *hydrofoil*, gaya ke atas ini akan mengangkat tubuh kapal, mengurangi tarik dan meningkatkan kecepatan. Gaya angkat akan menyeimbangkan dengan berat muatan, mencapai titik di mana *hydrofoil* tidak keluar dari permukaan air tetapi tetap dalam keadaan seimbang. Karena resistensi gelombang yang dapat menghambat kekuatan seperti jenis gaya gesek yang terjadi pada lambung kapal, maka penggunaan *hydrofoil* dengan kecepatan tertentu lambung dapat terangkat. Turbulensi dan gaya lainnya bekerja hanya pada luas permukaan dari *hydrofoil* dan ditandai dengan adanya peningkatan dalam kecepatan (Wonggiawan, 2014). Jenis konfigurasi *foil* ini bagaimanapun tidak dapat stabil dengan sendirinya, akan tetapi reaksi pada *hydrofoil* harus disesuaikan terus menerus sesuai perubahan kondisi dengan proses kontrol yang dilakukan oleh sensor, komputer, dan kondisi permukaan.

II.1.4. Karakteristik Kapal *Hydrofoil*

Salah satu kelebihan utama kapal *hydrofoil* bila dibandingkan dengan tipe kapal cepat lain atau kapal konvensional adalah kemampuannya untuk dapat bekerja lebih efektif di atas gelombang dengan rentang ‘*sea state*’ yang relatif lebih besar. Kemampuannya yang lebih baik ini dapat dicapai dengan ukuran kapal *hydrofoil* yang relatif lebih kecil dari tipe kapal lain.

Untuk mencapai kemampuan operasi pada kecepatan di atas 40 knots pada gelombang besar maka sebuah *hydrofoil* memerlukan sistem control otomatis (*automatic control system*) yang canggih. ACS harus dapat berfungsi untuk mengatasi berbagai kondisi dinamis, seperti pada saat *take-off*, *landing*, operasi pada kondisi *foilborne* (badan kapal dalam jarak cukup di atas permukaan air), stabilitas *roll* dan *pitch* dan menjaga agar *clearance* antara badan kapal

dan permukaan air (gelombang) cukup besar, sehingga hempasan sejauh mungkin dapat dihindari.

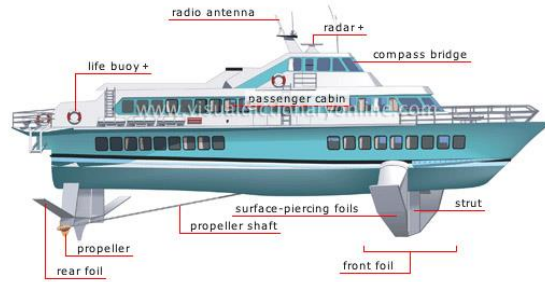
Kapal *hydrofoil* memiliki dua mode operasi: '*hullborne mode*' pada kecepatan rendah, *foilborne mode* pada saat kecepatan meningkat sampai kecepatan *take-off*. Pada *hullborne mode* kapal memiliki sifat sama dengan kapal cepat biasa dengan karakteristik tahanan kapal adalah tahanan *displacement*. Bentuk kapal *hydrofoil* harus dioptimasi supaya waktu yang dihabiskan untuk mencapai mode *foilborne* relative tidak terlalu lama. Bentuk badan kapal dari *planing hull* sering dipakai untuk *body* kapal *hydrofoil*. *Take-off* kapal tercapai pada kecepatan kapal mendekati tahanan *hullborne* maksimum, dan ini terjadi kurang lebih pada 0.5 (setengah) kecepatan maksimum.

Konstruksi badan kapal *hydrofoil* secara umum sama dengan kapal – kapal biasanya, hanya saja untuk kapal *hydrofoil* ditambah foils dan struts di bagian bawah badan kapal. *Foils* ini berfungsi untuk mengatur *angle of attack* terhadap air (gelombang) sehingga dapat menimbulkan gaya angkat pada kecepatan tertentu. Jadi dalam merencanakan *foil* harus kita perhatikan *angle of attack* dari *foil*, karena ini akan sangat berpengaruh terhadap *lift* dan *drag* yang akan ditimbulkan oleh *foils* tersebut.

Pada saat badan kapal terangkat di atas permukaan air, berat kapal selain ditopang oleh *foils* juga ditopang oleh *struts*. Jadi *struts* ini menghubungkan antara badan kapal dengan *foils*. Panjang *struts* mempengaruhi *clearance* dari badan kapal. Pada saat kita merencanakan panjang *struts*, kita harus memperhatikan daerah perairan mana yang akan dilewati, karena berhubungan dengan tinggi gelombang yang mungkin terjadi di daerah perairan tersebut. Badan kapal *hydrofoil* harus aman dari hempasan ombak supaya stabilitas kapal terjaga meskipun kapal dalam kecepatan tinggi.

II.1.5. Komponen Kapal Hydrofoil

Desain dari *hydrofoil* kurang lebih sama dengan kapal konvensional lainnya, hanya terdapat perbedaan karena dipasangnya sayap (*foil*) dibawah lambung kapal. Dalam *hydrofoil* terdapat beberapa komponen utama, yaitu:



(Sumber: <http://www.visualdictionaryonline.com>)

Gambar II. 4 Komponen Kapal *Hydrofoil*

1. *Rear Foil*

Foil yang diletakkan pada bagian belakang , biasa sejajar dengan letak *propeller*.

2. *Propeller*

Propeller pada *hydrofoil* berbeda dengan kapal – kapal pada umumnya, letak *propeller* ini berada dibawah lambung kapal dan sejajar dengan *foil*.

3. *Propeller Shaft*

Propeller shaft atau poros baling – baling pada *hydrofoil* disesuaikan dengan peletakan *propeller*.

4. *Waterjet*

Terdapat kapal *hydrofoil* yang menggunakan sistem propusi *waterjet* karena memiliki efisiensi yang cukup baik dan dapat bermanuver dengan baik karena pada umumnya kapal *hydrofoil* menggunakan kecepatan yang sangat tinggi.

5. *Surface – piercing foils*

Penyebutan untuk *hydrofoil* dengan menggunakan *foil* berbentuk-U

6. *Fully – submerged foils*

Penyebutan untuk *hydrofoil* dengan menggunakan *foil* berbentuk-T

7. *Strut*

Strut merupakan penopang *foil* bagian depan

8. *Front foil*

Foil yang dipasang pada bagian depan kapal

II.1.6. Tipe – tipe *Hydrofoil*

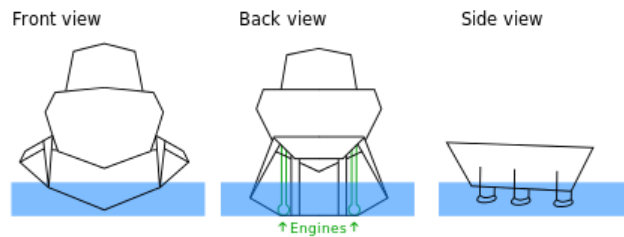
Terdapat beberapa jenis *hydrofoil*, antara lain sebagai berikut:

1. *Surface – Piercing Hydrofoil (U – Shaped)*

Pada awalnya *hydrofoil* menggunakan foil berbentuk-U dan dikenal dengan istilah ”*surface – piercing*” karena pada bagian – bagian tertentu dari *foil* bentuk-U akan naik di atas permukaan air pada kecepatan tertentu (Wikipedia, 2016).

Hydrofoil types

Surface-piercing (SP) hydrofoils (usually U-shaped)



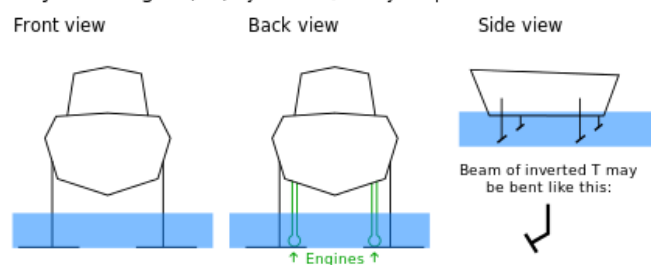
(Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil>)

Gambar II. 5 *Hydrofoil* Bentuk-U (*U – Shaped*)

2. *Fully – Submerged Hydrofoil (T – Shaped atau V – Shaped)*

Pada *hydrofoil* modern menggunakan *foil* bentuk-T dengan dipasang terbalik. *Hydrofoil* sepenuhnya terendam dan kurang menunduk pada efek dari gelombang, maka lebih stabil di laut dan lebih nyaman bagi para awak dan penumpang kapal (Wikipedia, 2016).

Fully submerged (FS) hydrofoils (usually shaped as inverted T or as V)



(Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil>)

Gambar II. 6 *Hydrofoil* Bentuk-T (*T – Shaped*)

II.1.7. Hambatan Kapal

Berikut dijelaskan karakteristik dan variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan hambatan kapal pada kapal *hydrofoil*.

1. Froude Number

Bilangan Froude adalah sebuah bilangan non-dimensional yang digunakan untuk mengukur hambatan dari sebuah benda yang bergerak di permukaan air. Bilangan Froude dinamakan sesuai dengan penemunya William Froude. Bilangan Froude dapat di formulasikan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gL}} \dots\dots\dots (II-1)$$

Dimana:

V_s = kecepatan kapal (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s²)
 L = panjang garis air (m)

Bilangan Froude yang digunakan pada metode *Savitsky Planing Hull*, yaitu:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}} \dots\dots\dots (II-2)$$

Dimana:

V_s = kecepatan kapal (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s²)
 $\nabla^{1/3}$ = volume displasemen (m³)

2. Reynolds Number

Reynolds Number adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya kekentalan yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan Reynolds merupakan bilangan non – dimensional yang sangat penting dalam mekanika fluida. Bilangan *Reynolds* digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda seperti jenis aliran laminar dan turbulen. Pada aliran laminar memiliki *Reynolds Number* lebih kecil 2×10^5 sedangkan aliran turbulen memiliki *Reynolds Number* lebih besar 3.5×10^5 . Aliran yang memiliki *Bilangan Reynolds* $2 \times 10^5 - 3.5 \times 10^5$ biasa disebut dengan aliran transisi. *Bilangan Reynolds* di formulasikan sebagai berikut:

$$Rn = \frac{\rho v_s L}{\mu} = \frac{v_s L}{\nu} \dots\dots\dots (II-3)$$

Dimana:

| | | |
|--------|-------------------------------|-----------------------|
| ρ | = densitas fluida | (ton/m ³) |
| V_s | = kecepatan aliran | (m/s) |
| L | = panjang | (m) |
| μ | = viskositas absolut dinamis | (m ² /s) |
| ν | = viskositas kinematik fluida | (m ² /s) |

Fase atau kondisi yang bekerja pada kapal *hydrofoil* adalah sebagai berikut.

1. Fase *Displacement*

Metode hambatan pada *range* kecepatan ini umumnya ditujukan pada kapal komersil seperti kapal *cargo*, *bulk carrier* dan *tanker* dimana berat kapal seluruhnya disangga oleh gaya angkat (*buoyancy*). Direkomendasikan implementasi metode Holtrop untuk memprediksi hambatan kapal pada *Froude Number* (F_n) < 1, atau bila nilai panjang permukaan bawah kapal rata – rata terhitung melebihi panjang kapal pada garis air (Lewis, Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration, 1988). Dari segi penyajian data dan metode, metode Holtrop memudahkan perhitungan dengan menggunakan pemrograman komputer, sehingga telah diaplikasikan secara luas.

Metode Holtrop memiliki 4 edisi atau versi, yaitu *Holtrop and Mennen “A Statistical Power Prediction Method”* [1978], *Holtrop and Mennen “An Approximate Power Prediction Method”* [1982], *Holtrop “A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data”* [1984], dan *Holtrop “A Statistical Resistance Prediction Method with a Speed Dependant Form Factor”* [1988]. Pada Holtrop edisi tahun 1998 dimana merupakan edisi terakhir, Holtrop melakukan perbaikan model persamaan koefisien hambatan gesek dengan menggunakan *hull form factor* yang nilainya tergantung dari *Froude Number* (F_n). Peningkatan akurasi juga dilakukan terhadap hambatan akibat *bulbous bow*, hambatan gelombang, hambatan *appendages*, dan penambahan hambatan angin yang pada edisi atau versi sebelumnya tidak dilibatkan.

Metode Holtrop digunakan untuk menghitung hambatan kapal *full displacement*, yaitu dalam kondisi apapun dalam kecepatan tetap, *displacement* kapal dianggap tidak berubah. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi tiga komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu:

1. *viscous resistance* (hambatan kekentalan),
2. *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal),
3. *wave making resistance* (hambatan gelombang).

Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S_{tot} \times (C_F \times (1 + k) + C_A) + \frac{R_W}{W} \times W \dots \dots \dots (II-4)$$

– **Viscous Resistance**

Rumus *viscous resistance* dalam (Lewis, Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration, 1988) diberikan sebagai berikut:

$$R_V = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times C_{FO} \times (1 + k_1) \times S \dots \dots \dots (II-5)$$

Dimana:

ρ = mass density salt water (1025 kg/m³)

V = service speed (m/s²)

C_{FO} = friction coefficient (ITTC – 1957)

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Rn = Reynold Number

$$= \frac{V \times L_{WL}}{\nu}$$

ν = kinematic viscosity, untuk air laut dengan temperature 15°C

$$= 1.18831 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

$1 + k_1$ = form factor of bare hull

$$= 0.93 + 0.4871 \times c \times \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \times \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \times \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \times \left(\frac{L^3}{V}\right)^{0.3649} \times (1 - C_P)^{-0.6042}$$

Keterangan:

$$c = 1 + 0.011 \times c_{stern}$$

$$c_{stern} = 0, \text{ normal section shape}$$

$$L/L_R = 1 - C_P + 0.06 \times C_P \times LCB / (4 \times C_P - 1)$$

$$LCB = \text{longitudinal center of buoyancy as percentage of } L$$

$$L = \text{length of waterline } (L_{WL}) \quad (\text{m})$$

$$T = \text{draught} \quad (\text{m})$$

$$B = \text{breadth} \quad (\text{m})$$

– **Appendages Resistance**

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan – tonjolan seperti kemudi, dan *bilge keel* (S_{App}). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance*, yaitu:

$$R_V = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times C_{FO} \times S_{tot}(1 + k) \dots \dots \dots (II-6)$$

Dimana:

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \times \frac{S_{App}}{S_{tot}} \dots \dots \dots (II-7)$$

- S = luas permukaan basah
 $= L(2T + B) \cdot C_M^{0.5} \cdot (0.4530 + 0.4425 \cdot C_B - 0.2862 \cdot C_M - 0.0346 \cdot \frac{B}{T} + 0.3696 \cdot C_{WP}) + 2.38 \cdot \frac{A_{BT}}{C_B}$
 $A_{BT} = 0$, penggunaan *bulbous bow*
 k_2 = *effective form factor of appendages* (lihat Tabel 2.2)
 S_{app} = *total wetted surface of appendages*
 $= S_{rudder} + S_{bilge\ keel}$
 $S_{tot} = S + S_{app}$

Harga *Effective form factor values* (k_2), untuk *appendages* yang berbeda:

Tabel II. 1 Harga Effective Form Factor

| <i>Types of Appendages</i> | <i>Value of 1 + k₂</i> |
|---|-----------------------------------|
| <i>Rudder of single-screw ships</i> | 1.3 to 1.5 |
| <i>Spade-type rudders of twin-screw ships</i> | 2.8 |
| <i>Skeg-rudders of twin-screw ships</i> | 1.5 to 2.0 |
| <i>Shaft brackets</i> | 3.0 |
| <i>Bossings</i> | 2.0 |
| <i>Bilge keel</i> | 1.4 |
| <i>Stabilizer fins</i> | 2.8 |
| <i>Shafts</i> | 2.0 |
| <i>Sinar dome</i> | 2.7 |

Keterangan:

- $S_{rudder} = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times 1.75 \times L_{pp} \times T/100$ (BKI Volume II, Section 14)
 C_1 = faktor tipe kapal = 1, *in general*
 C_2 = faktor tipe kemudi = 1, *in general*
 C_3 = faktor tipe profil kemudi = 1, *NACA-profiles and plate rudder*
 C_4 = faktor letak baling-baling = 1, *rudder in the propeller jet*
 $S_{bilge\ keel}$ = panjang *keel* x tinggi (Watson, 1998)
Panjang *keel* = $0.6 \times C_B \times L$
Tinggi *keel* = $0.18 / (C_B - 0.2)$
Jika harga k_2 lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus:

$$(1 + k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i(1 + k_2)_i}{\sum S_i} \dots \dots \dots (II-8)$$

– **Wave Making Resistance**

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow* dan *transom*. Adapun rumus diberikan sebagai berikut:

$$\frac{R_W}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}} \dots \dots \dots (II-9)$$

Dimana:

Untuk kecepatan rendah ($F_n \leq 0.5$)

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

Keterangan:

$$C_4 = B / L$$

i_E = half angle of entrance at the load waterline

$$= 125.67 \frac{B}{L} - 162.25 C_P^2 + 234.32 C_P^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(Ta - Tf)}{T} \right)^3$$

$$Ta = \text{sarat di AP} \quad (m)$$

$$Tf = \text{sarat di FP} \quad (m)$$

$$d = -0.9$$

$$m_1 = 0.01404 \cdot L / T - 1.7525 \nabla^{1/3} / L - 4.7932 \cdot B / L - C_5$$

Keterangan:

$$C_5 = 8.0798 \cdot C_P - 13.8673 \cdot C_P^2 - 6.9844 \cdot C_P^3 \quad (\text{untuk } C_P \leq 0.8)$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n - 329}$$

$$C_6 = -1.69385 \quad (\text{untuk } L^3 / \nabla \leq 512)$$

$$\bullet = 1.446 \cdot C_P - 0.03 \cdot L / B \quad (\text{untuk } L / B \leq 12)$$

$$C_2 = 1, \text{ tidak ada bulb}$$

$$C_3 = 1 - 0.8 \cdot A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

Keterangan:

$$A_T = \text{immersed area of the transom at zero speed}$$

$$W = \text{displacement weight}$$

$$= \rho \cdot g \cdot \nabla \quad (N)$$

2. Fase Semi – planing (Pre – planing)

Pada fase ini berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik daripada hidrostatik. Gaya angkat hidrodinamik timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan sehingga mengakibatkan kapal *trim*. Nilai *Froude Number* (F_n) untuk fase ini adalah sekitar $0.6 < F_n < 1.2$. Metode perhitungan hambatan kapal pada fase *semi - planing* menggunakan metode dari Savitsky

di mana persamaan yang dihasilkan merupakan hasil regresi *database* sejumlah model kapal yang diuji oleh beberapa peneliti. Metode ini fokus pada 4 parameter utama kapal, yakni rasio panjang *displacement*, *beam loading coefficient*, akar *angle of entrance*, dan rasio luasan *transom* terhadap luasan *section* maksimum.

3. Fase *Planing*

Dalam fase ini dijelaskan bahwa hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik dan hanya sebagian kecil berat kapal yang tertumpu pada gaya hidrostatik. Meskipun kapal hampir sepenuhnya meluncur di permukaan air dan permukaan basahnya menjadi sangat kecil demikian trim kapal mulai menurun dibandingkan pada fase *semi – planing*, tetapi tekanan hidrodinamik menjadi sangat besar akibat kecepatan tinggi yang diperoleh dari sistem propulsi kapal. Pada fase ini bagian lambung kapal yang tercelup sangat kecil sehingga gelombang yang terbentuk hampir tidak ada sama sekali.

Nilai *Froude Number* (F_n) untuk fase ini adalah $F_n > 1.2$ dengan metode perhitungan hambatan kapal pada fase *planing* menggunakan metode dari *Savitsky Planing Hull* (Savitsky, 1964), yaitu:

- Koefisien Kecepatan

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{gb}} \dots \dots \dots (II-10)$$

- Koefisien Angkat (*Lift*)

$$C_{L\beta} = \frac{mg}{\frac{1}{2} \cdot V^2 \cdot b^2 \cdot \rho^2} \dots \dots \dots (II-11)$$

Dimana:

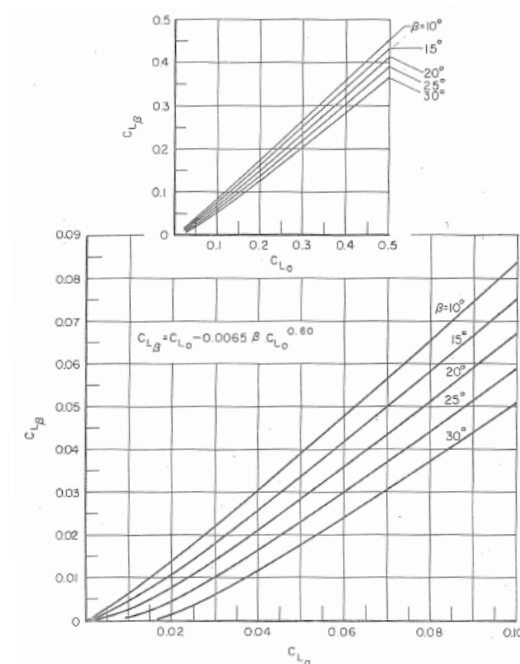
C_v = koefisien kecepatan

$C_{L\beta}$ = koefisien angkat (*lift*)

V = kecepatan kapal (m/s)

g = percepatan gravitasi (9.81) (m/s²)

b = lebar permukaan terangkat (*planing surface*) (m)



Gambar II. 7 Grafik Koefisien *Lift Planing Surface*

Nilai λ yang merupakan nilai rata – rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal (WSA). Untuk mendapatkan besar atau nilai *trim* kapal maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{L0} = \tau^{1.1} (0.0120\lambda^{0.5} + \frac{0.0055\lambda^{0.5}}{Cv^2}) \dots\dots\dots (II-12)$$

Dimana:

C_{L0} = koefisien angkat (*lift*), *zero deadrise*

τ = sudut *trim* kapal (derajat)

Untuk melakukan perhitungan hambatan gesek lambung planing hull dibutuhkan kecepatan aliran rata – rata yaitu dengan rumus:

$$Vm = V \left[1 - \frac{0.0120\lambda^{0.5}\tau^{1.1} - 0.0065\beta(0.0120\lambda^{0.5}\tau^{1.1})^{0.6}}{\lambda \cos \tau} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (II-13)$$

Dimana:

β = sudut *deadrise* dari *planing surface* (derajat)

Vm = kecepatan rata – rata (m/s)

Maka hambatan gesek lambung *planing hull* adalah:

$$Df = \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho \cdot V m^2 \cdot \lambda \cdot b^2}{\cos \beta} \cdot (Cf + \Delta Cf) \dots \dots \dots (II-14)$$

Dimana:

- *Reynolds Number*

$$Re = V m \lambda \frac{b}{v} \dots \dots \dots (II-15)$$

- Koefisien gesek:

$$Cf = \frac{0.075}{(\log(Re)-2)^2} \dots \dots \dots (II-16)$$

- *Roughness Allowance* (ITTC – 1978)

$$\Delta Cf = 0.0004$$

Jadi, hambatan total dari *planing hull* (Savitsky, 1964), yaitu:

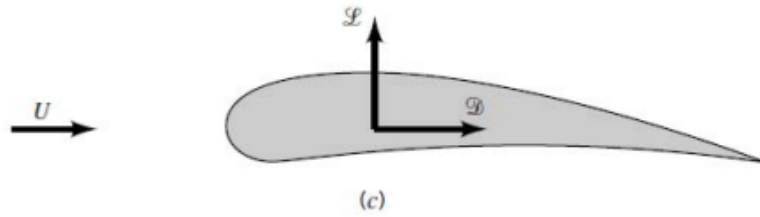
$$D = m g \tan \tau + \frac{Df}{\cos \tau} \dots \dots \dots (II-17)$$

Dimana:

| | | |
|--------|-------------------------------|---------------------|
| D | = hambatan total | (N) |
| Df | = hambatan gesek | (N) |
| τ | = sudut <i>trim</i> | (derajat) |
| M | = total massa kapal | (kg) |
| g | = percepatan gravitasi (9.81) | (m/s ²) |

II.1.8. Teori *Lift* dan *Drag* pada *Foil*

Pada benda yang terbenam dalam aliran fluida akan mengalami gaya – gaya akibat interaksi fluida dengan benda, gaya yang ditimbulkan berupa gaya normal yang disebabkan perubahan tekanan dan gaya geser yang terjadi akibat viskositas fluida. Jika dilihat dari arah horisontal, gaya yang tegak lurus dengan arah aliran disebut gaya angkat (*lift force*) dan gaya yang searah dengan aliran fluida disebut gaya gesek (*drag*).



Gambar II. 8 Lift dan Drag

(Sumber: (Suryadi, Arief, & Amiadji, 2016))

Dalam konsep aerodinamik, gaya angkat (*lift force*) didefinisikan sebagai gaya dengan arah normal ke atas pada suatu benda yang ditimbulkan oleh pengaruh tekanan fluida sehingga gaya normal kebawah akibat tekanan fluida disebut dengan negatif *lift force*. Sedangkan gaya *drag* adalah gaya yang mengakibatkan pergerakan atau pergeseran benda yang ditimbulkan oleh aliran fluida. Vektor gaya *drag* searah dengan arah aliran fluida. Gaya pada sayap (*foil*) dihasilkan oleh fenomena aliran fluida pada luasan permukaan sayap. Pada sayap kecepatan aliran fluida pada permukaan cembung (bagian atas) lebih cepat dari pada kecepatan aliran permukaan yang datar (bagian bawah). Berdasarkan Hukum Bernoulli hal tersebut akan mengakibatkan tekanan permukaan bagian bawah lebih besar dan permukaan bagian atas lebih kecil sehingga mengakibatkan gaya angkat keatas (*lift force*).

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = C \dots\dots\dots (II-18)$$

Karena *foil* yang digunakan tipis, maka h dapat diabaikan sehingga didapatkan:

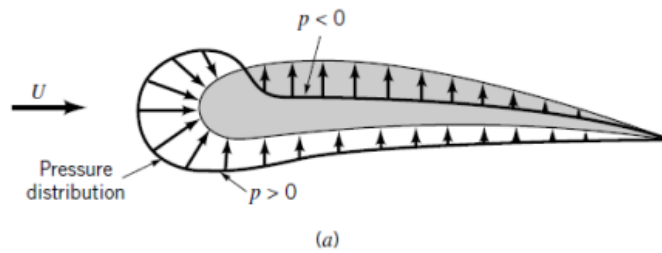
$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = C \dots\dots\dots (II-19)$$

$$p_{lift} + \frac{1}{2}\rho v^2 = C \dots\dots\dots (II-20)$$

$$p_{drag} + \frac{1}{2}\rho v^2 = C \dots\dots\dots (II-21)$$

Dimana:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| p = tekanan fluida | (m ²) |
| ρ = massa jenis fluida | (ton/m ³) |
| v = kecepatan aliran fluida | (m/s) |



Gambar II. 9 Perbedaan Tekanan antara Permukaan

(Sumber: (Suryadi, Arief, & Amiadji, 2016))

Dari persamaan Bernoulli diatas jumlah energi adalah konstan, pada aliran disekitas sayap (*foil*) kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian atas (cembung) lebih besar sedangkan kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian bawah (datar) lebih kecil, sebaliknya tekanan pada bagian atas akan mengecil dan bagian bawah akan membesar.

Hukum Newton II menyatakan bahwa perubahan momentum yang terjadi pada partikel fluida adalah sama dengan jumlah gaya – gaya pada partikel tersebut. Sehingga gaya yang terjadi akibat tekanan fluida sama dengan perubahan momentum aliran fluida.

$$p = \frac{1}{2} \rho v^2 \dots\dots\dots(\text{II-22})$$

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{2} \rho v^2 \dots\dots\dots(\text{II-23})$$

$$F = \frac{1}{2} \rho S v^2 \dots\dots\dots(\text{II-24})$$

Gaya aerodinamik yang bekerja pada sayap mempunyai persamaan umum sebagai berikut:

$$F = C_F \frac{1}{2} \rho S v^2 \dots\dots\dots(\text{II-25})$$

Dimana:

F = gaya yang bekerja pada *foil*

C_F = koefisien gaya

ρ = massa jenis fluida (ton/m³)

V_s = kecepatan kapal (m/s)

S = *plan area* (m²)

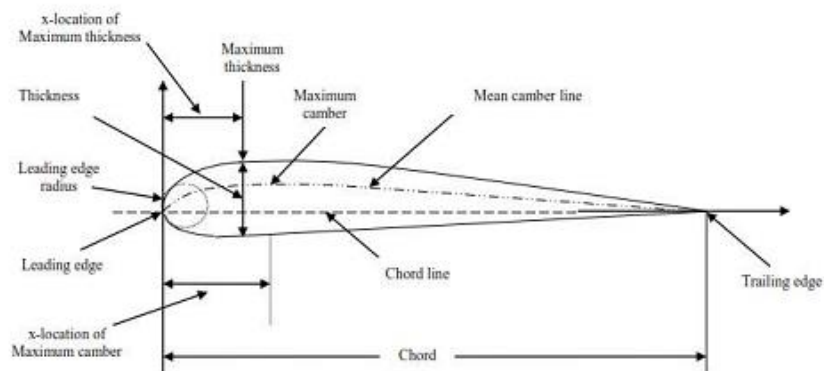
Untuk analisa gaya angkat (*lift force*) dan *drag force* yang bekerja pada sayap (*foil*) dapat dinyatakan dalam besaran berupa koefisien seperti berikut:

$$C_L = \frac{F_{lift}}{\frac{1}{2}\rho SV^2} \dots\dots\dots (II-26)$$

$$C_D = \frac{F_{drag}}{\frac{1}{2}\rho SV^2} \dots\dots\dots (II-27)$$

II.1.9. The NACA Airfoil Series

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) *airfoil* adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*. Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa C_L , dan kemudian akan terkait dengan *lift* (gaya angkat yang dihasilkan). Hingga sekitar Perang Dunia II, *airfoil* yang banyak digunakan adalah hasil riset. Selama periode ini banyak pengajuan *airfoil* dilakukan diberbagai negara, namun hasil riset, NACA-lah yang paling terkemuka. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau *thickness* serta pengujiannya dilakukan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dibanding yang lain. Hal ini sering dirangkum oleh beberapa parameter seperti ketebalan maksimum, maksimum bentuk melengkung, posisi maksimal ketebalan, posisi maksimal bentuk melengkung, dan hidung jari-jari (Gibs, 1954). Seperti terlihat pada Gambar II.7 pada suatu *airfoil* terdiri dari:



Gambar II. 10 NACA Airfoil Geometry

(Sumber: (Sadraey, 2012))

Keterangan:

- Permukaan atas (*Upper Surface*)
- Permukaan bawah (*Lower Surface*)
- *Mean camber line* adalah tempat kedudukan titik – titik antara permukaan atas dan bawah *airfoil* yang diukur tegak lurus terhadap *mean camber line* itu sendiri.
- *Leading edge* adalah titik paling depan pada *mean camber line*, biasanya berbentuk lingkaran dengan jari – jari mendekati 0.02 c.
- *Trailing edge* adalah titik paling belakang pada *mean camber line*.
- *Camber* adalah jarak maksimum antara *mean camber line* dan garis *chord* yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.
- Ketebalan (*thickness*) adalah jarak antara permukaan atas dan permukaan bawah yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.

NACA *Airfoil Series* memiliki beberapa jenis, yaitu sebagai berikut.

1. NACA 4-*Digit Series* (Seri Empat Digit)

Keluaran pertama *airfoil* dirancang menggunakan pendekatan ini yang dikenal sebagai NACA *Four-Digit Series*. Digit pertama menentukan *camber* maksimum (m) dalam persentase dari *chord* (panjang *foil*), kedua menunjukkan posisi *camber* maksimum (p) dalam sepersepuluh *chord*, dan dua nomor terakhir memberikan ketebalan maksimum (t) dari *airfoil* dalam persentase *chord*. Sebagai contoh, NACA 2415 *airfoil* memiliki ketebalan maksimum 15% dengan *camber* dari 2% terletak 40% kembali dari *airfoil* terdepan (atau 0.4c).

2. NACA 5-*Digit Series* (Seri Lima Digit)

NACA seri lima digit menggunakan bentuk ketebalan sama dengan Seri Empat Digit tapi garis *mean camber* didefinisikan secara berbeda dan konvensi penamaan sedikit lebih kompleks. Digit pertama, ketika dikalikan dengan 3/2, menghasilkan koefisien *lift* desain (*c_l*) dalam sepersepuluh. Dua digit berikutnya, ketika dibagi 2, 10 memberikan posisi *camber* maksimum (p) dalam sepersepuluh *chord*. Dua digit terakhir lagi menunjukkan ketebalan maksimum (t) dalam persentase dari *chord*. Sebagai contoh, NACA 23012, memiliki

ketebalan maksimum 12%; koefisien angkat 0.3; dan *camber* maksimum terletak 15% dari *leading edge*.

3. NACA 4 and 5-Digit Series (Seri Empat dan Lima Digit)

Modifikasi ini dengan menambahkan dua angka di belakangnya, yang mempunyai arti sebagai berikut:

- Angka tambahan yang pertama menunjukkan *leading edge* radius % *chord* dari tipe tersebut.
- Angka tambahan kedua menunjukkan maksimum ketebalan diukur dari *leading edge* dalam sepersepuluh *chord*.

Sebagai contoh, NACA 23012-64, memiliki arti sama dengan seri 5 digit, sedangkan dua angka tambahan tersebut memiliki arti *leading edge* radius sebesar 6% *chord* dan lokasi maksimal ketebalan adalah 0.4 *chord* dari *leading edge*.

4. NACA 1-Digit Series or 16-Digit Series

Tidak seperti tipe *airfoil* yang telah dibahas sejauh ini, NACA 1-Series dikembangkan berdasarkan teori *airfoil* bukan pada hubungan geometris. Pada saat *airfoil* ini dirancang selama akhir 1930, banyak kemajuan telah dibuat dalam metode desain *airfoil* terbalik. Pendekatan dasar konsep ini adalah untuk menentukan distribusi tekanan yang diinginkan pada *airfoil* (distribusi ini menentukan karakteristik gaya angkat dari bentuk *foil*) dan kemudian memperoleh bentuk geometris yang menghasilkan distribusi tekanan ini. Akibatnya, *airfoil* ini tidak dihasilkan menggunakan beberapa set analitis ekspresi seperti NACA 4 atau 5-Digit Series.

NACA 1-Series *airfoil* diidentifikasi oleh lima digit, sebagai dicontohkan oleh NACA 16-212. Digit pertama, 1, menunjukkan seri (seri ini dirancang untuk *airfoil* dengan daerah aliran nyaris supersonik). 6 menentukan lokasi tekanan minimum di sepersepuluh *chord*, yaitu 60% dari *leading edge*. Kemudian, digit pertama mengindikasikan desain angkat koefisien dalam sepersepuluh (0,2) dan dua digit terakhir menentukan maksimum ketebalan dalam persepuluh *chord* (12%). Karena *airfoil* 16-XXX adalah satu-satunya

yang banyak digunakan, maka tipe ini sering disebut sebagai 16-Series bukan sebagai 1-Series.

5. NACA 6-Digit Series (Seri Enam Digit)

Meskipun NACA bereksperimen dengan perkiraan metode teoritis yang menghasilkan 2-Series dan 5-Series, tak satu pun dari pendekatan ini ditemukan secara akurat menghasilkan tingkah laku *foil* yang diinginkan. 6-Series berasal menggunakan metode teoritis yang baik, seperti 1-Series, menentukan distribusi tekanan yang diinginkan dan menghitung perhitungan matematika yang rumit untuk menghasilkan bentuk geometris yang diperlukan. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk merancang *foil* yang dimaksimalkan di mana aliran udara tetap laminar. Dengan demikian, *drag* lebih kecil pada berbagai koefisien *lift* dapat jauh berkurang.

Salah satu contoh penamaan dari NACA 6-Series yang lebih umum adalah NACA 641-212, $a = 0.6$. Dalam contoh ini, 6 menunjukkan seri dan menunjukkan bahwa tipe ini dirancang untuk laminar lebih besar daripada empat atau 5-Digit Series. Angka kedua, 4, adalah lokasi tekanan minimum dalam sepersepuluh *chord* ($0.4c$). *Subscript* 1 menunjukkan bahwa *drag* yang rendah dipertahankan di atas *lift* koefisien 0.1 di dan dibawah koefisien *lift* desain (0.2) yang ditentukan oleh digit pertama setelah dasbor di persepuluh. Dua digit terakhir menentukan ketebalan di persentase *chord*, 12%. Fraksi ditentukan oleh $a = 0.6$ menunjukkan persentase *chord airfoil* di mana distribusi tekanan pada *foil* seragam, yaitu 60% *chord* dalam kasus ini. Jika tidak ditentukan, kuantitas diasumsikan 1, atau distribusi konstan pada seluruh *airfoil*.

6. NACA 7-Digit Series (Seri Tujuh Digit)

NACA 7-Series adalah upaya lebih lanjut untuk memaksimalkan daerah aliran laminar melalui *airfoil* dengan membedakan lokasi tekanan minimum pada permukaan atas dan bawah.

Sebuah contoh adalah NACA 747A315. 7 menunjukkan seri, 4 menyediakan lokasi minimum tekanan pada permukaan atas dalam sepersepuluh *chord* (40%), dan 7 menyediakan lokasi tekanan minimum pada permukaan yang lebih rendah dalam sepersepuluh *chord* (70%). Karakter keempat,

menunjukkan distribusi ketebalan dan bentuk garis (*camber*) yang digunakan. Selanjutnya, angka kelima diartikan koefisien *lift* dalam sepersepuluh (0,3) dan dua bilangan bulat akhir adalah ketebalan *airfoil* dalam persen *chord* (15%).

7. NACA 8-Digit Series (Seri Delapan Digit)

Variasi final pada metodologi 6 dan 7-Series, NACA 8-Series dirancang untuk penerbangan pada kecepatan superkritis. Seperti *airfoil* sebelumnya, tujuannya adalah 12 untuk memaksimalkan tingkat aliran laminar pada permukaan atas dan bawah secara independen. Konvensi penamaan sangat mirip dengan 7-Series.

Sebagai contoh menjadi NACA 835A216. 8 menunjuk seri, 3 adalah lokasi minimum tekanan pada permukaan atas dalam sepersepuluh *chord* (0.3c), 5 adalah lokasi tekanan minimum pada permukaan bawah dalam sepersepuluh *chord* (50%), huruf A membedakan *airfoil* memiliki *camber* berbeda atau bentuk ketebalan, 2 menunjukkan desain angkat koefisien dalam sepersepuluh (0,2), dan 16 menyediakan *airfoil* ketebalan dalam persentase *chord* (16%).

Jadi secara singkat dari tipe-tipe *foil* diatas dapat disimpulkan keuntungan, kerugian, dan aplikasi dari masing-masing tipe *foil* tersebut pada tabel berikut.

Tabel II. 2 Keuntungan, Kerugian, dan Aplikasi dari penggunaan NACA Airfoil Series
(Sumber: (Marzocca, 2017))

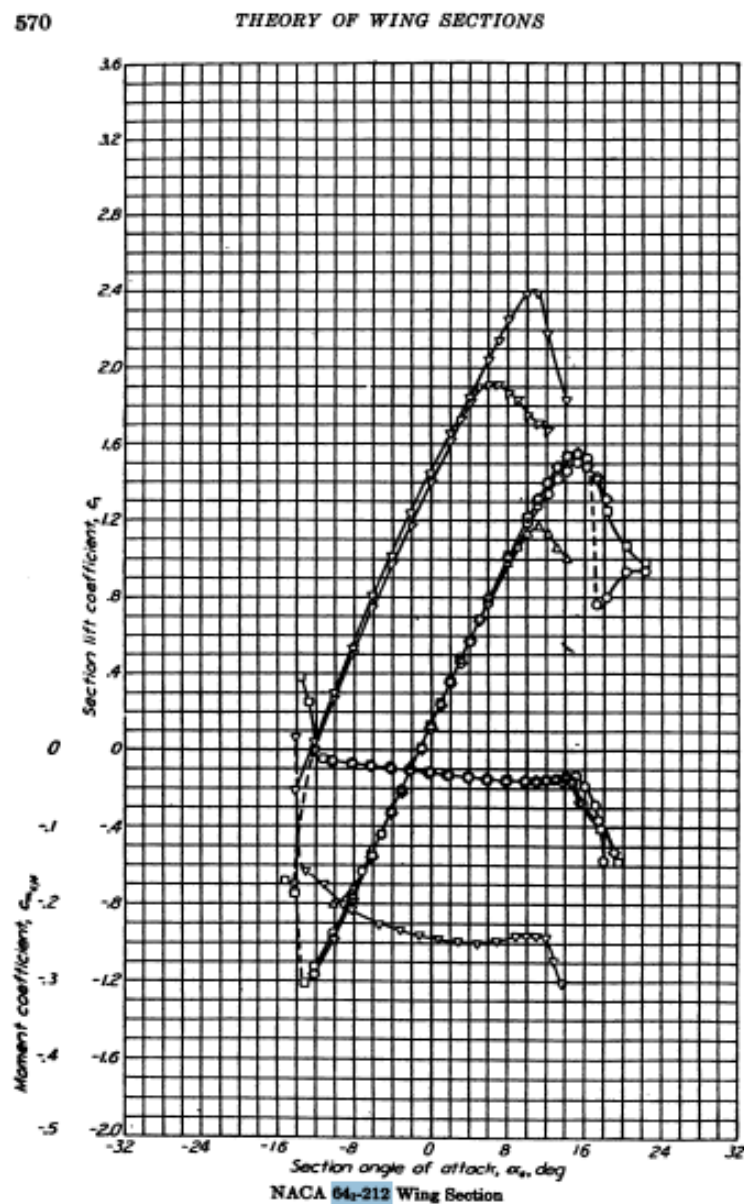
| Tipe foil | Keuntungan | Kerugian | Aplikasi |
|-----------|--|--|---|
| 4-Digit | <ol style="list-style-type: none"> 1. Karakteristik <i>stall</i> baik 2. Gerakan tekanan direntang kecepatan besar. 3. Kekasaran memiliki pengaruh yang kecil | <ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien <i>lift</i> rendah 2. <i>Drag</i> relatif tinggi 3. <i>Pitching</i> | Penerbangan Simetris: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Jet Supersonic</i> 2. Helicopter 3. Shrouds 4. Rudal / roket |
| 5-Digit | <ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien <i>lift</i> maksimum lebih tinggi 2. Saat <i>pitching</i> rendah 3. Kekasaran memiliki pengaruh yang kecil | <ol style="list-style-type: none"> 1. Perilaku <i>stall</i> jelek 2. <i>Drag</i> relatif tinggi | <ol style="list-style-type: none"> 1. Penerbangan umum 2. Komuter 3. Jet Bisnis |
| 16-Series | <ol style="list-style-type: none"> 1. Menghindari puncak tekanan rendah 2. <i>Drag</i> rendah dengan kecepatan tinggi | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Lift</i> relatif rendah | <ol style="list-style-type: none"> 1. Baling-baling pesawat 2. Baling-baling kapal |

| | | | |
|----------|--|---|--|
| 6-Series | <ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien <i>lift</i> maksimum tinggi 2. <i>Drag</i> yang sangat rendah pada kondisi operasi rentang kecil 3. Dioptimalkan untuk kecepatan tinggi | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Drag</i> tinggi pada kondisi operasi rentang maksimum 2. <i>Pitching</i> tinggi 3. Karakteristik <i>stall</i> jelek 4. Sangat rentan terhadap kekasaran | <ol style="list-style-type: none"> 1. Piston bertenaga 2. Jet Bisnis 3. <i>Jet Trainers</i> 4. <i>Jet Supersonic</i> |
| 7-Series | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Drag</i> yang sangat rendah pada rentang kondisi operasi kecil 2. <i>Pitching</i> rendah | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengurangi koefisien <i>lift</i> maksimum 2. <i>Drag</i> tinggi pada kondisi operasi rentang maksimum 3. Karakteristik <i>stall</i> jelek 4. Sangat rentan terhadap kekasaran | Jarang digunakan |
| 8-Series | Tidak diketahui | Tidak diketahui | Sangat jarang diketahui |

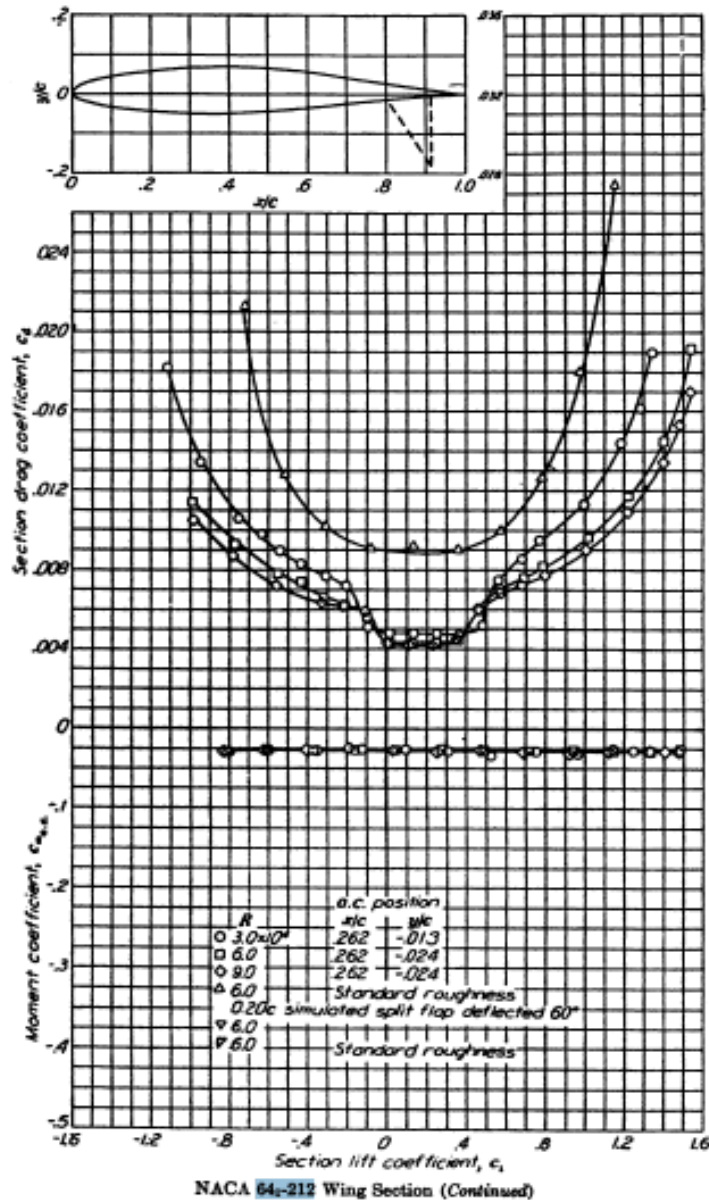
II.1.10. Theory of Wing Sections

Pemilihan jenis *foil* berdasarkan dari penelitian Tugas Akhir atau penelitian sebelumnya yang dijelaskan pada sub-bab II.2.2 yaitu menganalisa beberapa jenis *foil* dan dipilih 2 jenis NACA *Profile* yang memiliki karakteristik paling baik. Setelah didapat 2 jenis NACA *Profile* tersebut dilakukan analisa kembali oleh penelitian sebelumnya dan didapat karakteristik paling baik, yaitu NACA *Profile* 64_A-212 atau 64_I-212. Lalu dapat ditentukan bahwa jenis NACA *Profile* yang digunakan adalah NACA *Profile* 64_A-212 atau 64_I-212.

Berikut merupakan nilai *lift coefficient* dan *drag coefficient* menurut hasil eksperimen dari (Abbott & von Doenhoff, 1949).



Gambar II. 11 Lift Coefficient NACA 64_I-212
(Sumber: (Batam, 2017))



Gambar II. 12 Drag Coefficient NACA 64-212

(Sumber: (Batam, 2017))

II.1.11. Sistem Propulsi Kapal Waterjet

Kapal yang menggunakan sistem propulsi *waterjet* memiliki dua ruang lingkup sistem yang terdiri dari sistem lambung kapal yang polos (*bare hull system*) dan sistem *waterjet* (*waterjet system*). Badan kapal dengan sistem lambung kapal yang polos (*bare hull system*) tidak terpasang *waterjet* di dalamnya, namun dalam perhitungan berat serta posisi titik berat kapal (*center of gravity*) harus merupakan berat badan kapal dalam keadaan beroperasi dilaut sehingga berat air yang masuk melalui sistem *waterjet* harus diikutsertakan. Sedangkan sistem

waterjet, umumnya terdiri dari sistem pompa (*pump system*) dan sistem saluran (*ducting system*). Tenaga mekanik dikonversikan dengan pompa menjadi tenaga hidrolis. Sedangkan sistem saluran berfungsi untuk mengarahkan laju aliran dari lingkungan ke pompa dan dari pompa untuk kembali ke lingkungan. Keberadaan sistem pompa pada sistem propulsi *waterjet* sama halnya dengan keberadaan motor pendorong pokok pada kapal – kapal lainnya. Akan tetapi pada sistem ini masih harus ada penggerak utama yang digunakan untuk menggerakkan pompa *waterjet*, dapat berupa mesin diesel, turbin gas, motor listrik dan yang lainnya sejauh masih memungkinkan untuk digunakan.

Dalam proses sistem propulsi *waterjet*, fluida atau air dari lingkungan akan dihisap melalui *intake* sebagai lubang masuknya fluida yang ada di dasar kapal, kemudian laju aliran fluida yang terhisap akan dipercepat oleh aktuator yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan kembali ke lingkungan melalui *nozzle* sebagai lubang keluarnya fluida yang terletak diatas permukaan air. Semburan air yang keluar nantinya diatur oleh *deflector* untuk mengatur laju pergerakan kapal (Adji, 2009).

II.1.11.1 Gaya Dorong

Pendekatan yang digunakan untuk perhitungan gaya dorong dan torsi pada kapal dengan sistem *waterjet* adalah hukum kekekalan dasar momentum dan energi. Namun, setelah dilakukan kajian lebih lanjut terhadap penggunaan sistem *waterjet*, didapatkan kesimpulan bahwa teori tersebut saja tidak dapat dibenarkan. Hukum kekekalan dasar momentum dan energi masih mengabaikan pengaruh-pengaruh sekunder yang berperan dalam pencapaian efisiensi propulsif untuk dapat dibandingkan dengan *propeller*. Maka dari itu, hukum dasar untuk perhitungan penggerak sistem *waterjet* yang terdapat pada teori dasar momentum tetap digunakan, namun perhitungan tersebut harus disertai dengan koreksi pengaruh praktis di lapangan melalui pengujian model fisik.

Gaya dorong adalah aksi dari pompa yang mengakibatkan fluida mengalir melalui saluran dengan memberikan energi pada sistem yang akan diubah oleh *nozzle* untuk mencapai kenaikan momentum aliran. Berdasarkan persamaan momentum aliran pada kontrol volume maka:

$$\Sigma F = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot dV + \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot d\vec{A} \dots \dots \dots (II-28)$$

Sehingga untuk aliran *steady* didapatkan:

$$\Sigma F_X = \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot d\vec{A} \dots \dots \dots (II-29)$$

$$\Sigma F_X = U_i \cdot (-\rho_i \cdot V_i \cdot A_i) + U_n \cdot (\rho_n \cdot V_n \cdot A_n) \dots \dots \dots (II-30)$$

Dimana resultan gaya (ΣF) merupakan penjumlahan dari semua gaya yang bekerja pada sistem analog dengan gaya dorong (T). Akibat gesekan aliran pada permukaan bawah badan kapal, maka akan menimbulkan *boundary layer* yang akan mempengaruhi profil kecepatan pada lubang *inlet*. Persamaan gaya dorong untuk sistem propulsi *waterjet* adalah:

$$T = m \cdot (V_j - V_i) \dots \dots \dots (II-31)$$

$$T = \rho \cdot A_n \cdot V_j \cdot (V_j - V_i) \dots \dots \dots (II-32)$$

Dimana:

- T = Gaya dorong
- m = Laju aliran massa fluida
- ρ = Massa jenis fluida kerja
- A_n = Luas penampang outlet *nozzle*
- V_j = Kecepatan aliran jet
- V_i = Kecepatan aliran saluran inlet

II.1.11.2 Daya Dorong Efektif

Daya dorong efektif atau *Effective Horse Power* (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Sistem propulsi yang menghasilkan daya dorong harus mampu mengatasi beban tahanan aliran agar kecepatan yang direncanakan dapat tercapai. Persamaan daya dorong efektif adalah:

$$EHP = R_T \cdot V_s \dots \dots \dots (II-33)$$

Pada kondisi yang ideal maka harga (R) akan sama dengan (T), maka:

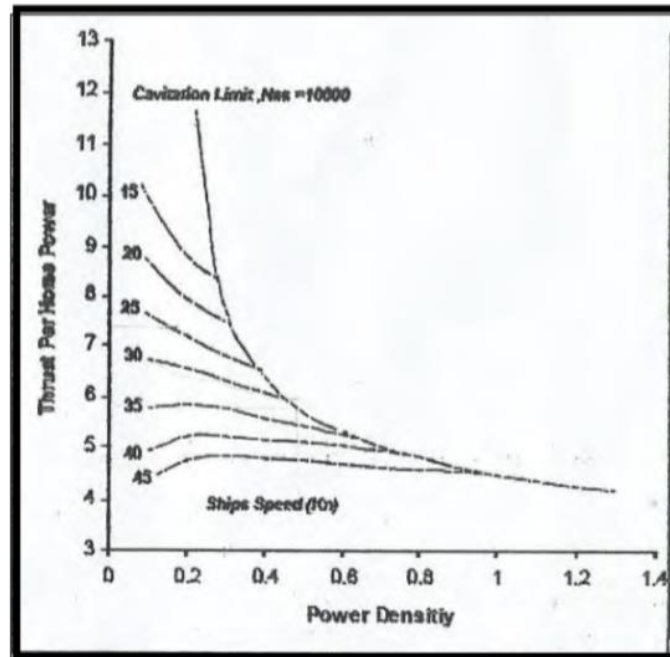
$$EHP = m \cdot [V_j - (1 - w) \cdot V_s] \cdot V_s \dots \dots \dots (II-34)$$

Dimana:

- V_s = kecepatan servis kapal (m/s²)
- w = fraksi arus ikut (*wake fraction*)

II.1.11.3 Dimensi Pompa *Waterjet*

Nilai dari rasio gaya dorong dan SHP (T/SHP) dalam satuan (lbf/HP) dapat ditentukan dari diagram pada Gambar II. 13 (Adiba, 2016) (Purnomo, 2016). Dari grafik tersebut, dapat ditentukan harga *power density* (SHP/Di²) dengan satuan (HP/cm²).



(Sumber: Band and Lewis, 1992)

Gambar II. 13 Diagram Dimensi *Inlet* Sistem *Waterjet*

- **Diameter *Inlet* Pompa (Di)**

Setelah didapatkan nilai *power density*, maka dapat ditentukan dimensi diameter *inlet* pompa (Di) dengan rumus sebagai berikut:

$$D_i = \sqrt{\frac{\text{SHP}}{\text{power density}}} \dots \dots \dots \text{(II-35)}$$

- **Rasio Luasan *Nozzle***

Dari nilai Di atau diameter inlet pompa, dapat dihitung luasan inlet (Ai) untuk sistem saluran *waterjet* dengan rumus sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\pi}{4} \times D_i^2 \dots \dots \dots \text{(II-36)}$$

Sedangkan untuk nilai luasan *nozzle* (An) dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A_n = AR \times A_i \dots \dots \dots \text{(II-37)}$$

- **Diameter Nozzle**

Nilai diameter dari *nozzle* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D_n = \sqrt{AR \times D_i^2} \dots\dots\dots (II-38)$$

II.1.11.4 Fraksi Arus Ikut (w)

Perhitungan fraksi arus ikut (w) pada saluran masuk pada sistem *waterjet* menurut ITTC 1996 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$w = \frac{T}{\rho \cdot Q_j \cdot V} + 1 - JVR \dots\dots\dots (II-39)$$

Dimana:

$$JVR = \text{Jet Velocity Ratio}, \frac{V_i}{V_j}$$

Q_j = kapasitas aliran yang melewati *jet*

Untuk menentukan nilai JVR, diperlukan kecepatan aliran yang melewati *nozzle* (V_i) dan kecepatan kapal (V_j) yang dapat dihitung dengan rumus – rumus sebagai berikut:

$$V_i = (1 - w) \cdot V_s \dots\dots\dots (II-40)$$

$$V_j = 0.5 \times \left[V_i + \sqrt{V_i^2 + \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot A_n}} \right] \dots\dots\dots (II-41)$$

Untuk mencari nilai V_i , biasa diasumsikan nilai fraksi arus ikut (w) sebesar 0.05. Sedangkan untuk nilai Q_j , dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_j = A_n \cdot V_j \dots\dots\dots (II-42)$$

Lalu, dapat dihitung kembali nilai fraksi arus ikut (w) dengan rumus sebagai berikut:

$$w = \frac{T}{\rho \cdot Q_j \cdot V} + 1 - JVR \dots\dots\dots (II-43)$$

II.1.11.5 Efisiensi Waterjet

Energi aliran yang diberikan pompa adalah input energi sistem propulsi *waterjet* yang kemudian akan terjadi kenaikan momentum aliran pada *nozzle* karena adanya peningkatan kecepatan aliran sehingga akan menghasilkan daya dorong. Perbandingan antara *output* energi terhadap input energi sistem propulsi *waterjet* adalah efisiensi jet (η_j).

$$\eta_j = \frac{T \cdot V_s}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{pump}}} \dots\dots\dots (II-44)$$

atau

$$\eta_j = \frac{T \cdot V_s}{m \cdot g \cdot H_{\text{pump}}} \dots \dots \dots (\text{II-45})$$

Dengan mensubstitusikan persamaan *head pump* dan gaya dorong maka persamaan diatas akan menjadi:

$$\eta_j = \frac{m \cdot [V_j - (1-w) \cdot V_s] \cdot V_s}{\frac{1}{2} \cdot m [(1+\psi)V_j - (1-\zeta)(1+w)^2 V_s^2 + 2 \cdot g \cdot h \cdot j]} \dots \dots \dots (\text{II-46})$$

Jika pembilang dan penyebut dibagi dengan V_j^2 dan melakukan substitusi rasio kecepatan jet yang didefinisikan sebagai rasio kecepatan efektif (*wake*) terhadap kecepatan jet:

$$\mu = \frac{V_s}{V_j} \dots \dots \dots (\text{II-47})$$

dan

$$\mu_i = \frac{(1-w) \cdot V_s}{V_j} \dots \dots \dots (\text{II-48})$$

sehingga:

$$\mu_i = (1 - w) \cdot \mu \dots \dots \dots (\text{II-49})$$

Kemudian persamaan (II-29) dapat disusun kembali menjadi:

$$\eta_j = \frac{1}{(1-w)} \cdot \frac{2 \cdot \mu (1-\mu)}{(1+\psi) - (1-\zeta)\mu^2 + \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot j}{V_j^2}} \dots \dots \dots (\text{II-50})$$

II.1.11.8 Efisiensi Lambung Kapal

Efisiensi lambung kapal (*hull*) dapat ditentukan dari *wake* efektif dan faktor *thrust deduction* yang terdapat pada kapal tersebut.

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \dots \dots \dots (\text{II-51})$$

Dimana:

- η_H = efisiensi badan kapal
- t = *thrust deduction*
- w = *wake* efektif

Faktor *thrust deduction* (t) dapat ditentukan dari hasil kali *thrust* (T) dan besar tahanannya (R). Persamaan dari faktor *thrust deduction* adalah sebagai berikut:

$$t = 1 - \frac{R}{T} \dots \dots \dots (\text{II-52})$$

Sedangkan *wake* efektif dapat ditentukan dari pengukuran kecepatan aliran air sebelum masuk ke *inlet*. Persamaan dari *wake* efektif adalah sebagai berikut:

$$w = 1 - \frac{V_i}{V_s} \dots \dots \dots (II-53)$$

Dimana:

V_i = kecepatan rata – rata aliran masuk pada *inlet*

V_s = kecepatan kapal (m/s²)

II.1.11.9 Efisiensi Propulsif Keseluruhan (*Overall Propulsive Coefficient*)

Kapal yang bergerak akan menerima hambatan total yang harus mampu diatasi oleh sistem propulsinya. Efisiensi propulsif keseluruhan atau *Overall Propulsive Coefficient* (OPC) adalah kemampuan sistem propulsi menyeluruh yang ditinjau dari energi yang diberikan penggerak pompa dan kerugian transmisi sampai pada keluaran daya efektif yang berguna untuk menggerakkan kapal. Efisiensi propulsif keseluruhan atau *Overall Propulsive Coefficient* (OPC) dapat dijelaskan dengan rumus berikut:

$$OPC = \eta_{j \text{ aktual}} \cdot \eta_P \cdot \eta_r \cdot \eta_t \cdot (1 - t) \dots \dots \dots (II-54)$$

$$OPC = \eta_{j \text{ ideal}} \cdot \eta_P \cdot \eta_r \cdot \eta_t \cdot \eta_H \dots \dots \dots (II-55)$$

Dimana:

η_j = Efisiensi sistem jet yang dihitung dari kecepatan aliran jet, kerugian saluran *inlet*, kerugian *nozzle*, dan lainnya.

η_P = Efisiensi pompa

η_r = Efisiensi relatif, secara umum nilainya mendekati 1

η_H = Efisiensi badan kapal

II.1.12. Proses Desain

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang – ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam *design process* pembangunan kapal baru terdapat beberapa tahapan desain, yaitu antara lain (Taggart, 1980):

1. *Conceptual Design*

Yaitu merupakan perancangan awal yang meliputi ukuran utama, kecepatan kapal, konsep tentang permesinan dan propulsi kapal.

2. *Preliminary Design*

Yaitu pengembangan dari tahap *conceptual design*, sehingga didapat dipastikan ukuran utama kapal serta data – data lainnya seperti daya efektif kapal.

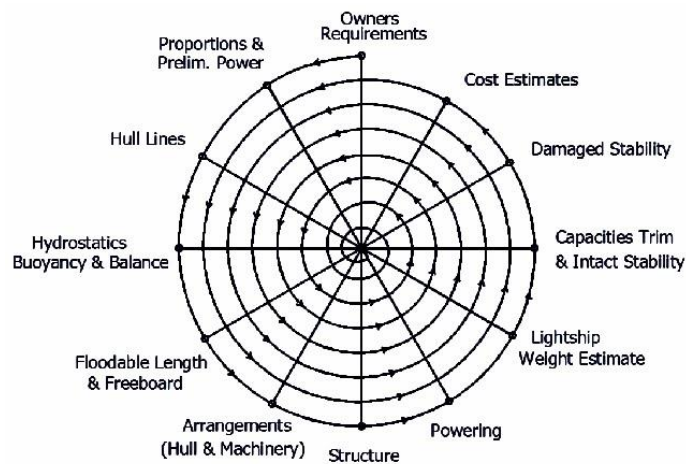
3. *Contract Design*

Yaitu pengembangan perencanaan kapal yang telah ada ke dalam bentuk yang lebih detail sehingga pembangunan kapal dapat memahami dan dapat mengestimasi secara akurat berapa biaya pembuatan kapal yang dibutuhkan.

4. *Detail Design*

Yaitu perancangan secara detail dilakukan oleh pihak galangan setelah *contract design* diselesaikan, sehingga segala sesuatunya telah pasti dan siap dikerjakan. (Hafiz, 2014)

Empat tahap desain diatas dapat digambarkan dalam suatu *design spiral* (Evans, 1959) yang merupakan suatu proses iterasi mulai dari persyaratan – persyaratan yang diberikan oleh pemilik kapal hingga pembuatan *detail design* yang siap digunakan dalam proses produksi.



(Sumber: Watson, 2002)

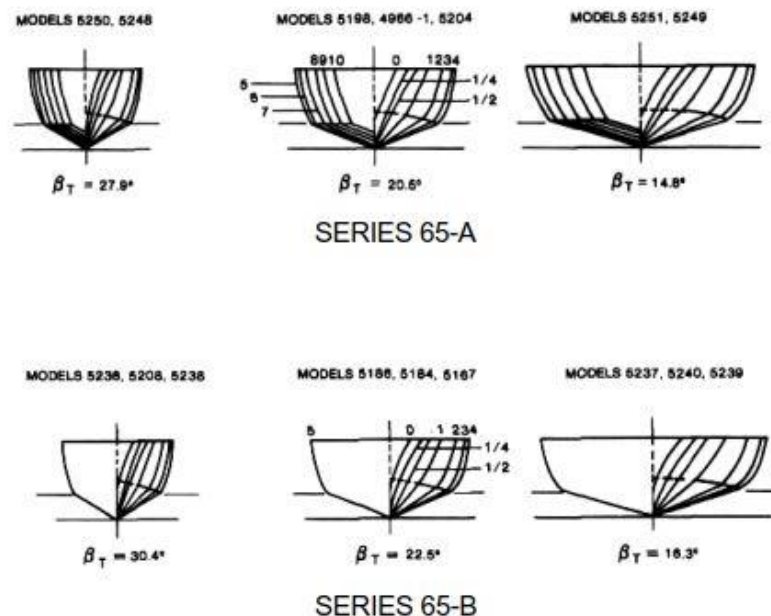
Gambar II. 14 *Spiral Design*

II.1.13. Bentuk Lambung Series 65 (*Series 65 Hull Form*)

Dalam mempelajari karakteristik hambatan dari *planing hull* yang sesuai dengan *hydrofoil* adalah Series 65. Series 65 ini telah dirancang dan diuji dalam beberapa skala model pada awal tahun 1970-an. Pengujian ini dilakukan oleh Holling, et al (1974) dan Hadler, et al (1974) yang tercantum dalam jurnalnya, yaitu “*Model Resistance Data of Series 65 Hull Forms Applicable to Hydrofoils and Planing Craft*”. Rangkaian lambung kapal pada Series 65 berdasarkan dengan lambung *hydrofoil* AG (EH). Lambung ini memiliki *deadrise* yang sedang dan tinggi, *bow* yang bagus jika terkena efek gelombang, *hard chines* yang efektif terhadap pemisahan pada aliran dan kecembungan yang minimum untuk menghindari adanya kekurangan tekanan.

Series 65 terbagi menjadi 2 tipe, yaitu Series 65-A dan Series 65-B. Dari dua tipe tersebut Series 65 memiliki keunikannya masing – masing. Series 65-A memiliki karakteristik yang tidak konvensional dalam menghitung prediksi hambatan sehingga susah diterapkan. Maka penggunaan dari Series 65-A tidak biasa digunakan. Untuk Series 65-B, *series* ini merupakan *series* yang sangat berguna karena dapat diterapkan pada lambung berbentuk “*deep – vee*” yang mulai populer untuk kapal patroli dan memiliki *hard chines* yang dirancang untuk rentang dari *pre – planing* dan *semi planing*.

Dari beberapa model yang sudah dilakukan pengujian, berikut beberapa tipe dari Series 65-A dan Series 65-B.



Gambar II. 15 Body Plan Series 65

(Sumber: (Lewis, Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration, 1988)

Gambar II. 15 menjelaskan bahwa terdapat beberapa model dari Series 65-A dan Series 65-B yang sudah diuji. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa Series 65-B merupakan *series* yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir.

II.1.14. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ).

Secara umum hal – hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar, yaitu:

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang (kargo), bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Titik – titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

- a. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM adalah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus $KM = KB + BM$.

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah – pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972). Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari berdasarkan ketentuan:

- Untuk kapal tipe plat *bottom*, $KB = 0.50 d$
- Untuk kapal tipe V *bottom*, $KB = 0.67 d$
- Untuk kapal tipe U *bottom*, $KB = 0.53 d$

- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

Menurut Usman (1981), BM dinamakan jari – jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengoleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (100-150).

Lebih lanjut dijelaskan (Rubianto, 1996):

$$BM = b^2/10d ,$$

dimana : b = lebar kapal (m)

d = *draft* kapal (m)

- d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau

pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen – momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

e. GM (Tinggi Metasentris)

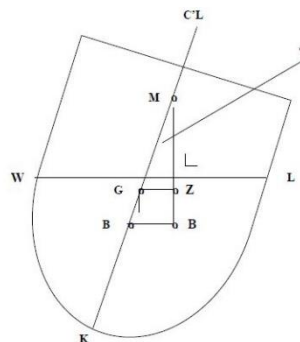
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG$$

f. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya – gaya dari luar dan gaya – gaya tersebut tidak bekerja lagi (Rubianto, 1996). Momen penegak atau lengan penegak Pada waktu kapal miring, maka titik B pindah ke B1, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya keatas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya – gaya tersebut. Seperti pada Gambar II.15 merupakan sketsa momen penegak atau pengembali.



(Sumber: Kharismarsono, 2017)

Gambar II. 16 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah:

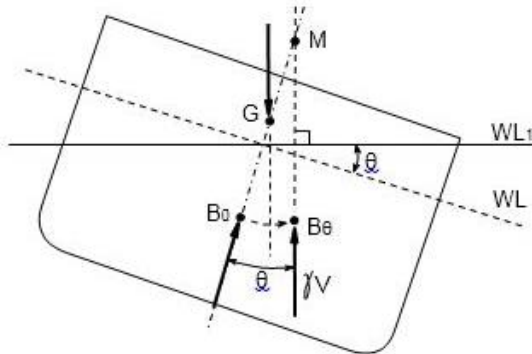
- Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
- Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat – alat yang melekat pada kapal.

- c. *Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat – alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga, yaitu:

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu menyenget mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



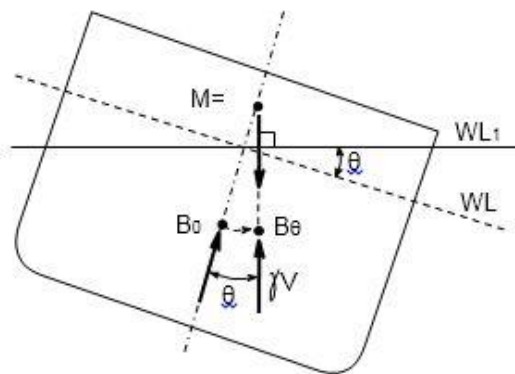
(Sumber: Kharismarsono, 2017)

Gambar II. 17 Kondisi Stabilitas Positif

Pada Gambar II.16 menggambarkan stabilitas positif dimana titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal senget tidak ada MP maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut senget yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.



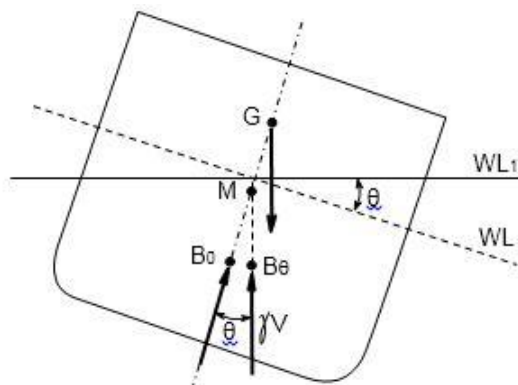
(Sumber: Kharismarsono, 2017)

Gambar II. 18 Kondisi Stabilitas Netral

Pada Gambar II.17 menggambarkan stabilitas netral dimana titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *healing moment* sehingga kapal akan bertambah miring.



(Sumber: Kharismarsono, 2017)

Gambar II. 19 Kondisi Stabilitas Negatif

Pada Gambar II.18 menggambarkan kondisi stabilitas negatif yang harus dihindari. Pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan kriteria berdasarkan *Intact Stability (IS) Code* Reg. III/3.1, yang isinya adalah sebagai berikut:

1. $e_{0.30} \geq 0.055$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055$ meter rad.
2. $e_{0.40} \geq 0.09$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09$ meter rad.
3. $e_{30,40} \geq 0.03$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$ meter
4. $h_{30} \geq 0.2$ m, lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. h_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$, lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25°
6. $GM_0 \geq 0.15$ m, tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

Sedangkan kriteria stabilitas tambahan untuk kapal penumpang adalah:

1. Sudut oleng akibat penumpang bergerombol di satu sisi kapal tidak boleh melebihi 10° .
2. Sudut oleng akibat kapal berbelok tidak boleh melebihi 10° jika dihitung dengan rumus berikut:

$$M_R = 0.196 \frac{V_0^2}{L} \Delta (KG - \frac{d}{2}) \dots \dots \dots (II-56)$$

Dimana:

| | | |
|----------|---|--------|
| M_R | = momen oleng | (kN.m) |
| V_0 | = kecepatan dinas | (m/s) |
| L | = panjang kapal pada bidang air | (m) |
| Δ | = <i>displacement</i> | (ton) |
| d | = sarat rata – rata | (m) |
| KG | = tinggi titik berat di atas bidang dasar | (m) |

II.1.15. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% LWL pada 85% Hm. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (B_M) dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu.

Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan *Non Convention Vessel Standard* adalah sebagai berikut:

- Input Data yang Dibutuhkan

1. Perhitungan

- a. Tipe kapal

- Tipe A adalah kapal yang:

1. Didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau
2. Memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
3. Memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Contoh kapal tipe A : tanker, LNG carrier

- Tipe B adalah kapal yang:

1. Kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A

Contoh: Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships

- b. *Freeboard standard*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada Tabel *Standard Freeboard* sesuai dengan tipe kapal.

- c. Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- Koreksi koefisien blok (C_B)
- Koreksi tinggi kapal

- Tinggi standar bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- Koreksi bangunan atas
- Minimum *bow height*

Tabel II. 3 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B

| Panjang (L) | ≤ 100 m | 110 m | 120 m | ≥ 130 m |
|------------------|--------------|-------|-------|--------------|
| Pengurangan (cm) | 4 | 5 | 8 | 12 |

(Sumber: NCVS, 2009)

Apabila pada kapal tipe B dilengkapi dengan penutup palkah dari baja ringan, lambung timbul kapal dikurangi sesuai pada Tabel II. 2. Besarnya pengurangan untuk panjang kapal diantara besaran tersebut di atas didapat dengan Interpolasi Linier.

II.2. Tinjauan Pustaka

Berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian atau desain.

II.2.1. Perkembangan Desain Kapal *Hydrofoil*

Sejak tahun 1975 hingga tahun 2000-an desain *hydrofoil* sudah marak dalam perbincangan dan penggunaannya di dunia seperti contoh *ferry hydrofoil (jetfoil)* yang ada di Hong Kong karena hingga saat ini pada Pelayaran Hong Kong – Macau penggunaan kapal *hydrofoil* ini selalu digunakan karena tingginya jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Hong Kong dan Macau serta letaknya yang strategis. Di Indonesia, eksistensi dari kapal ini sudah ada sejak tahun 1981 dan sudah beroperasi dalam misi militer seperti patroli wilayah pesisir, pengangkutan pasukan, kontrol sumber daya laut dan pengamanan objek vital lepas pantai karena manuver dari kapal ini sangat gesit yang mampu berputar 360 derajat hanya dalam tempo satu menit yaitu Bima Samudera I milik TNI Angkatan Laut Republik Indonesia yang diborong oleh PT. PAL Indonesia, Surabaya dari Boeing Marine Systems – Renton, Washington, Amerika. Sayangnya, dalam perjalanan proyek ini mengalami masalah pendanaan sehingga pada tahun 1984 – 1985 Boeing hanya mengirimkan 4 unit kapal dalam kondisi mesin terurai kemudian dirakit di PT. PAL Indonesia dan hanya 2 unit kapal yang berhasil dirakit, yaitu Bima Samudera II dan Bima Samudera III. Jadi hanya 3 unit kapal yang dapat beroperasi,

yaitu Bima Samudera I, II dan, III meskipun dari masing – masing kapal tersebut yang memiliki kelengkapan kanon multiperan 40 mm hanya terdapat pada Bima Samudera I.

Berikut merupakan contoh *ferry hydrofoil (jetfoil)* yang ada di dunia dan masih beroperasi hingga sekarang, yaitu:

1. *Cacilhas*, untuk Pelayaran Hong Kong – Macau, dibangun pada tahun 1981, diklasifikasi oleh *American Bureau of Shipping (ABS)* dan pembaruan status survei pada Oktober 2016.



(Sumber: <https://www.marinetraffic.com>)

Gambar II. 20 Cacilhas Jetfoil

2. *Taipa*, untuk Pelayaran Hong Kong – Macau, dibangun pada tahun 1981, diklasifikasi oleh *American Bureau of Shipping (ABS)* and pembaruan status survei pada Mei 2015.



(Sumber: <https://www.marinetraffic.com>)

Gambar II. 21 Taipa Jetfoil

3. *Madeira*, untuk Pelayaran Hong Kong – Macau, dibangun pada tahun 1975, diklasifikasi oleh *American Bureau of Shipping (ABS)* dan mengalami kecelakaan pada November 2013 yang menyebabkan korban luka – luka sebanyak 87 orang. Kapal ini sekarang sudah tidak beroperasi kembali dan terlihat diletakkan di dok.



(Sumber: <https://www.hurriyetdailynews.com>)

Gambar II. 22 Madeira Jetfoil yang Mengalami Kecelakaan

4. Bima Samudera I, milik TNI AL Republik Indonesia, dibangun pada tahun 1981 oleh Boeing Marine Systems, Amerika dan dikirimkan ke Indonesia pada Januari 1982.



(Sumber: <https://www.indomiliter.com>)

Gambar II. 23 Jetfoil Bima Samudera I

II.2.2. Pemilihan Jenis Foil

Untuk mendapatkan hasil gaya angkat yang optimum maka jenis *foil* belakang yang digunakan adalah jenis *foil* asimetris. Menurut (Wonggiawan, 2014) yang telah melakukan analisis dari berbagai tipe *foil* NACA pada sudut serang 0° dan 30° . Hasil analisis *lift force* dan *drag force* dari berbagai tipe *foil* NACA dapat dilihat pada Tabel II.4 berikut.

Tabel II. 4 Hasil Analisa Angle of Attack 0° dan 30°
(Wonggiawan, 2014)

| No. | Tipe Foil NACA | Lift Force (N) | Drag Force (N) |
|-----|--|----------------|----------------|
| 1 | NACA 0015 (0°) | 1524.48 | 695.931 |
| 2 | NACA 0015 (30°) | 21511.8 | 13630.6 |
| 3 | NACA 64 _A -212 (0°) | 1556.99 | 690.429 |
| 4 | NACA 64 _A -212 (30°) | 21426.5 | 13625.4 |
| 5 | NACA 2412 (0°) | 1547.79 | 684.374 |
| 6 | NACA 2412 (30°) | 21107 | 13677.3 |
| 7 | NACA 23012 (0°) | 1547.79 | 684.373 |
| 8 | NACA 23012 (30°) | 19295.6 | 12482.8 |
| 9 | NACA 23021 (0°) | 1575.89 | 692.995 |
| 10 | NACA 23021 (30°) | 21427.3 | 13706.2 |

Setelah dilakukan analisis dengan mendapatkan nilai *lift* dan *drag* pada semua jenis *foil* diatas, dilakukan perbandingan nilai antara *lift* dan *drag* pada kedua sudut serang (0° dan 30°) untuk mendapatkan nilai perbandingan yang paling optimum yang akan dijelaskan pada Tabel II.5 dan Tabel II.6 berikut.

Tabel II. 5 Hasil Analisa L / D Angle of Attack 0°
(Wonggiawan, 2014)

| No. | Tipe Foil NACA | L / D |
|-----|---|-------------|
| 1 | NACA 0015 (0°) | 2.190561995 |
| 2 | NACA 64 _A -212 (0°) | 2.255105159 |
| 3 | NACA 2412 (0°) | 2.261614264 |
| 4 | NACA 23012 (0°) | 2.261617568 |
| 5 | NACA 23021 (0°) | 2.274027951 |

Tabel II. 6 Hasil Analisa L / D Angle of Attack 30°
(Wonggiawan, 2014)

| No. | Tipe Foil NACA | L / D |
|-----|---------------------------------|----------|
| 1 | NACA 0015 (30°) | 1.578199 |
| 2 | NACA 64 _A -212 (30°) | 1.572541 |
| 3 | NACA 2412 (30°) | 1.543214 |
| 4 | NACA 23012 (30°) | 1.545775 |
| 5 | NACA 23021 (30°) | 1.563329 |

Dari hasil perbandingan *Lift / Drag* pada Tabel II. 5 dan Tabel II. 6 dengan sudut serang 0° nilai tertinggi terdapat pada tipe *foil* NACA 23021 dan pada sudut serang 30° nilai tertinggi terdapat pada tipe *foil* NACA 64_A-212. Maka tipe *foil* yang akan dipilih untuk *foil* belakang dan depan adalah antara NACA 23021 dan 64_A-212. Selain pemilihan dari tipe NACA *Profile* yang paling optimum, penentuan dimensi *foil* dan sudut serang juga akan menentukan nilai dari L / D yang paling optimum.

Dari hasil penelitian diatas yang dilakukan oleh (Wonggiawan, 2014) dimana menghasilkan dua jenis NACA yang memiliki nilai yang optimum yaitu NACA 23021 pada sudut serang 0° dan NACA 64_A-212 pada sudut serang 30° dilakukan penelitian kembali oleh (Hidayat, 2016) dengan melakukan proses simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) sehingga mendapatkan hasil perbandingan *lift* dan *drag* pada NACA 23021 dan NACA 64_A-212 dari berbagai aspek rasio (*span/chord*). Hasil perbandingan *lift* dan *drag* pada NACA 23021 dan NACA 64_A-212 setelah proses simulasi CFD dapat dilihat pada Tabel II.7 dan Tabel II.8 berikut.

Tabel II. 7 Hasil Perbandingan Lift dan Drag NACA 23021

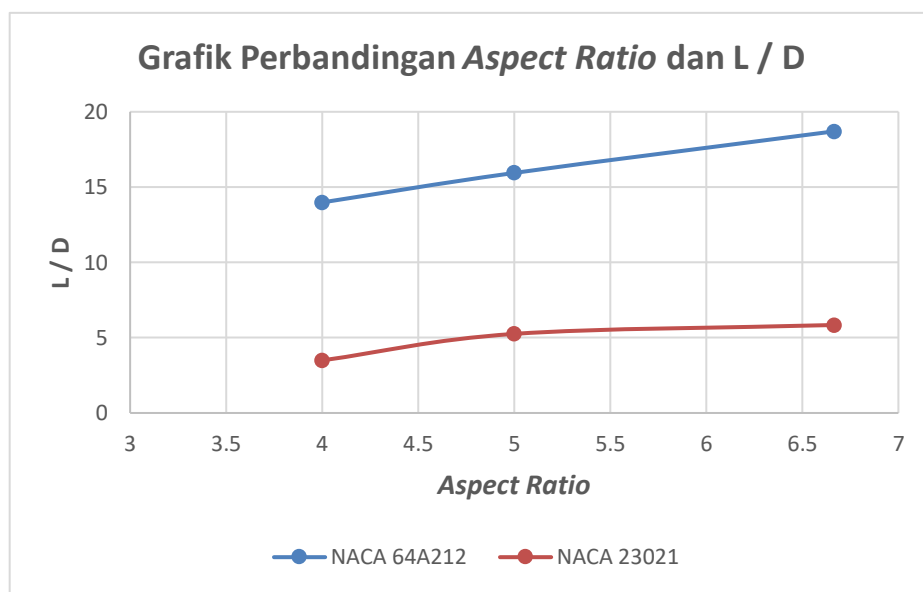
(Hidayat, 2016)

| No. | Span (m) | Chord (m) | Aspect Ratio | Lift (N) | Drag (N) | L / D |
|-----|----------|-----------|--------------|----------|----------|-------|
| 1 | 8 | 1.2 | 6.67 | 50775.8 | 8690.7 | 5.843 |
| 2 | 8 | 1.6 | 5.00 | 57990.2 | 11043.4 | 5.251 |
| 3 | 8 | 2 | 4.00 | 49124.2 | 14066 | 3.492 |

Tabel II. 8 Hasil Perbandingan *Lift* dan *Drag* NACA 64_A-212

(Hidayat, 2016)

| No. | <i>Span</i> (m) | <i>Chord</i> (m) | <i>Aspect Ratio</i> | <i>Lift</i> (N) | <i>Drag</i> (N) | L / D |
|-----|-----------------|------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1 | 8 | 1.2 | 6.67 | 104583 | 5591.8 | 18.703 |
| 2 | 8 | 1.6 | 5.00 | 146405 | 9184.3 | 15.941 |
| 3 | 8 | 2 | 4.00 | 129883 | 9288.2 | 13.984 |



(Sumber: (Hidayat, 2016))

Gambar II. 24 Hasil Perbandingan *Aspect Ratio* dan *Lift/Drag* pada Kedua Jenis NACA

Dari Gambar II.24 dapat terlihat bahwa perbandingan *lift force/drag force* yang paling maksimum terdapat pada NACA 64_A-212 dengan aspek rasio 6.67 yaitu dengan ukuran *chord* 1.2 meter dan *span* 8 meter. Selisih persentase antara kedua tipe NACA tersebut yaitu pada aspek rasio 4 sebesar 75.03%; pada aspek rasio 5 sebesar 67.06%; dan pada aspek rasio 6.67 sebesar 68.76%. Setelah mendapatkan *lift force/drag force* maksimum dari variasi aspek rasio, maka tipe dan ukuran NACA yang terpilih (NACA 64_A-212 dengan aspek rasio 6.67 yaitu dengan ukuran *chord* 1.2 meter dan *span* 8 meter) dilakukan simulasi CFD dengan variasi sudut serang untuk mendapatkan hasil *lift force/drag force* yang maksimum (Hidayat, 2016).

Dalam perhitungan yang dilakukan analisis variasi sudut serang untuk mendapatkan nilai *lift force* dan *drag force* dilakukan secara manual dengan melihat nilai *lift coefficient* dan *drag coefficient* berdasarkan hasil eksperimen dari (Abbott & von Doenhoff, 1949) yang tercantum pada sub-bab II.1.10 dan akan dijelaskan pada Bab IV.

II.2.3. Perencanaan Keselamatan (*Safety Plan*)

Desain *safety plan* terdiri dari *life saving appliances* dan *fire control equipment*. *Life saving appliances* adalah standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh suatu kapal, untuk menjamin keselamatan awak kapal dan penumpang ketika terjadi bahaya. *Fire control equipment* adalah standar sistem pemadam kebakaran yang harus ada pada kapal. Regulasi *life saving appliances* mengacu pada *LSA code*, sedangkan *fire control equipment* mengacu pada *FSS code*.

A. *Life Saving Appliances*

Sesuai dengan *LSA code* Reg. I/1.2.2, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus mendapat persetujuan dari badan klasifikasi terkait terlebih dahulu. Sebelum persetujuan diberikan, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus melalui serangkaian pengetesan untuk memenuhi standar keselamatan yang ada dan bekerja sesuai fungsinya dengan baik.

a. *Life Buoy*

Menurut *LSA Code* Chapter II Part 2.1, spesifikasi umum *life buoy* antara lain sebagai berikut:

1. Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm.
2. Mampu menahan beban tidak kurang dari 14.5 kg dari besi di air selama 24 jam.
3. Mempunyai massa tidak kurang dari 2.5 kg
4. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.

Spesifikasi *lifebuoy self-igniting lights* pada *life buoy* adalah:

1. Memiliki lampu berwarna putih yang dapat menyala dengan intensitas 2 cd pada semua arah dan memiliki sumber energi yang dapat bertahan hingga 2 jam.

Spesifikasi *Lifebuoy self – activating smoke signals* pada *life buoy* adalah :

1. Dapat memancarkan asap dengan warna yang mencolok pada dengan *rating* yang seragam dalam waktu tidak kurang dari 15 menit ketika mengapung di atas air tenang.
2. Tidak mudah meledak atau memancarkan api selama waktu pengisian emisi pada *signal*.
3. Dapat tetap memancarkan asap ketika seluruh bagian tercelup ke dalam air tidak kurang dari 10 detik.

Spesifikasi *life buoy self – activating smoke signals* pada *life buoy* adalah:

1. Tidak kaku
2. Mempunyai diameter tidak kurang dari 8 mm.
3. Mempunyai kekuatan patah tidak kurang dari 5 kN.



(Sumber: (Rohmadhana, 2016))

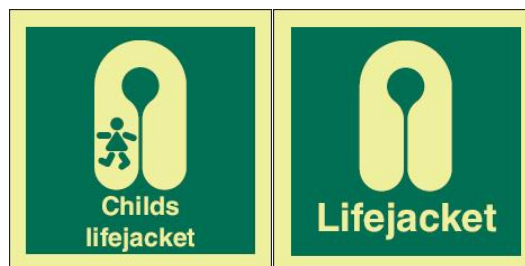
Gambar II. 25 Spesifikasi *Life Buoy*

b. *Life Jacket*

LSA Code Chapter II Part 2.2

- Persyaratan umum *life jacket*
 1. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.
 2. *Life jacket* dewasa harus dibuat sedemikian rupa sehingga:
 - Setidaknya 75% dari total penumpang, yang belum terbiasa dapat dengan benar – benar menggunakan hanya dalam jangka waktu 1 menit tanpa bantuan, bimbingan atau penjelasan sebelumnya.
 - Setelah demonstrasi, semua orang benar-benar dapat menggunakan dalam waktu 1 menit tanpa bimbingan.
 - Nyaman untuk digunakan.

- Memungkinkan pemakai untuk melompat dari ketinggian kurang lebih 4.5 m ke dalam air tanpa cedera dan tanpa mencabut atau merusak *life jacket* tersebut.
- 3. Sebuah *life jacket* dewasa harus memiliki daya apung yang cukup dan stabilitas di air tenang.
- 4. Sebuah *life jacket* dewasa harus memungkinkan pemakai untuk berenang jangka pendek ke *survival craft*.
- 5. Sebuah *life jacket* harus memiliki daya apung yang tidak kurang lebih dari 5% setelah 24 jam perendaman di air tawar.
- 6. Sebuah *life jacket* harus dilengkapi dengan peluit beserta tali.
- *Life jacket lights*
 1. Setiap *life jacket lights* harus:
 - Memiliki intensitas cahaya tidak kurang dari 0.75 cd di semua arah belahan atas.
 - Memiliki sumber energi yang mampu memberikan intensitas cahaya dari 0.75 cd untuk jangka waktu minimal 8 jam.
 - Berwarna putih.
 2. Jika lampu yang dijelaskan diatas merupakan lampu berkedip, maka :
 - Dilengkapi dengan sebuah saklar yang dioperasikan secara manual, dan
 - Tingkat berkedip (*flash*) dengan tidak kurang dari 50 berkedip dan tidak lebih dari 70 berkedip per menit dengan intensitas cahaya yang efektif minimal 0.75 cd.



(Sumber: (Rohmadhana, 2016))

Gambar II. 26 Spesifikasi *life jacket*

c. *Life Raft* atau rakit penolong

Life raft adalah perahu penyelamat berbentuk kapsul yang ada di kapal yang digunakan sebagai alat menyelamatkan diri bagi semua penumpang kapal dalam keadaan bahaya yang mengharuskan semua penumpang untuk keluar dan menjauh dari kapal tersebut. Kapasitas *life raft* tergantung dari besar kecilnya kapal dan banyaknya *crew*. *Life raft* ini akan diletakkan di pinggir sebelah kanan kapal (*starboard side*) dan sebelah kiri kapal (*port side*).



(Sumber: (Rohmadhana, 2016))

Gambar II. 27 *Liferaft*

d. *Muster / Assembly Station*

Menurut *MSC/Circular.699 - Revised Guidelines for Passenger Safety Instructions - (adopted on 17 July 1995) - Annex - Guidelines for Passenger Safety Instructions - 2 Signs*, ketentuan *muster station* adalah:

1. *Muster Station* harus diidentifikasi dengan *muster station symbol*.
2. Simbol *Muster Station* harus diberi ukuran secukupnya dan diletakkan di *muster station* serta dipastikan untuk mudah terlihat.



(Sumber: (Rohmadhana, 2016))

Gambar II. 28 Spesifikasi Gambar *Assembly Station*

B. Fire Control Equipment

Berikut ini adalah beberapa contoh jenis *fire control equipment* yang biasanya dipasang di kapal, yaitu:

a. *Fire valve*

Merupakan katup yang digunakan untuk kondisi kebakaran.

b. *Master valve*

Merupakan katup utama yang digunakan untuk membantu *fire valve* dan *valve* yang lainnya.

c. *Emergency fire pump*

FSS Code (Fire Safety System) Chapter 12

Kapasitas pompa tidak kurang dari 40% dari kapasitas total pompa kebakaran yang dibutuhkan oleh peraturan II-2/10.2.2.4.1

d. *Fire pump*

SOLAS Chapter II-2 Part C Regulation 10.2.2 Water Supply System

Kapal harus dilengkapi dengan pompa kebakaran yang dapat digerakkan secara independen (otomatis).

e. *Fire hose reel with spray jet nozzle & hydrant*

Menurut SOLAS Reg. II/10-2, panjang *fire hoses* minimal adalah 10 m, tetapi tidak lebih dari 15 m di kamar mesin, 20 m di geladak terbuka, dan 25 m di geladak terbuka untuk kapal dengan lebar mencapai 30 m.

f. *Portable CO₂ fire extinguisher*

SOLAS Chapter II-2 Part C Regulation 10.3.2.3

Pemadam kebakaran jenis karbon dioksida tidak boleh ditempatkan pada ruangan akomodasi. Berat dan kapasitas dari pemadam kebakaran portabel adalah:

1. Berat pemadam kebakaran portabel tidak boleh lebih dari 23 kg
2. Untuk pemadam kebakaran jenis *powder* atau karbon dioksida harus mempunyai kapasitas minimal 5 kg, dan untuk jenis *foam* kapasitas minimal 9 L.

g. *Portable foam extinguisher*

FSS Code, Chapter 4.2 Fire Extinguisher

Setiap alat pemadam yang berupa bubuk atau karbon dioksida harus memiliki kapasitas minimal 5 kg, dan untuk pemadam kebakaran yang berupa busa (foam) harus memiliki kapasitas paling sedikit 9 L.

h. *Portable dry powder extinguisher*

SOLAS Chapter II-2 Part G Regulation 19 3.7

Alat pemadam kebakaran portabel dengan total kapasitas minimal 12 kg bubuk kering atau setara dengan keperluan pada ruang muat. Pemadam ini harus di tambahkan dengan pemadam jenis lain yang diperlukan pada bab ini.

i. *Bell fire alarm*

MCA Publication LY2 Section 13.2.9 Life Saving Appliances

Untuk kapal kurang dari 500 GT, *alarm* ini dapat terdiri dari peluit atau sirene yang dapat didengar di seluruh bagian kapal. Untuk kapal 500 GT dan di atasnya, kebutuhannya berdasarkan 13.2.9.1 harus dilengkapi dengan bel dan dioperasikan secara elektrik atau sistem klakson, yang menggunakan energi utama dari kapal dan juga energi saat gawat darurat.

j. *Push button for fire alarm*

Push button for general alarm ini digunakan atau ditekan apabila terjadi tanda bahaya yang disebabkan apa saja dan membutuhkan peringatan menyeluruh pada kapal secepat mungkin.

k. *Smoke detector*

HSC Code – Chapter 7 – Fire Safety – Part A 7.7.2.2

Smoke detector dipasang pada seluruh tangga, koridor dan jalan keluar pada ruangan akomodasi. Pertimbangan diberikan pemasangan *smoke detector* untuk tujuan tertentu dengan pipa ventilasi.

l. *CO₂ nozzle*

Merupakan *nozzle* untuk memadamkan kebakaran dengan menggunakan karbon dioksida.

m. *Fire alarm panel*

HSC Code – Chapter 7 – Fire Safety – Part A – General – 7.7 Fire Detection and Extinguishing Systems. Control panel harus diletakkan pada ruangan atau pada *main fire control station*.

II.2.4. Analisis Ekonomi

Analisis biaya pembangunan dilakukan dengan membagi komponen biaya pembangunan menjadi dua kelompok biaya, yaitu biaya yang terkait berat kapal (*weight cost*) dan biaya yang tidak terkait dengan berat kapal (*non – weight cost*). *Weight cost* dilakukan pemecahan komponen lagi menjadi beberapa komponen yaitu biaya struktur kapal (*hull structural cost*), biaya komponen permesinan dan penggerak (*machinery and propulsion cost*), biaya perlengkapan kapal (*equipment and outfitting cost*). Biaya struktur kapal dihitung dengan cara menghitung berat material (aluminium) kapal yang dibutuhkan dikalikan dengan *unit price* dari material (aluminium) itu sendiri. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal.

Biaya investasi kapal dibagi menjadi 4 bagian yaitu (Watson, 1998):

- Biaya material (aluminium) kapal (*structural cost*)
- Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*equipment and outfitting cost*)
- Biaya permesinan kapal (*machinery and propulsion cost*)
- *Non-weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

Biaya operasional kapal dibagi menjadi 2 yaitu:

a) Biaya Tetap

- Biaya Penyusutan Kapal
- Biaya Bunga Modal
- Biaya Asuransi Kapal
- Biaya ABK

b) Biaya Tidak Tetap

- Biaya BBM
- Biaya Pelumas
- Biaya Perbekalan dan Perlengkapan
- Biaya Air Tawar
- Biaya *Repair, Maintenance, and Supplies* (RMS)

(Prasetyo, 2015)

II.3. Tinjauan Wilayah

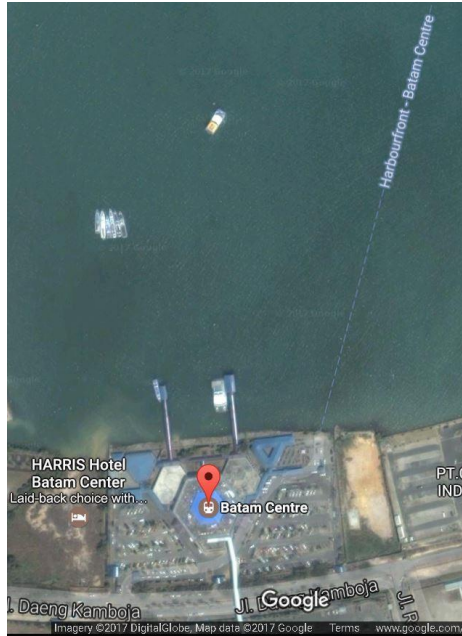
Kota Batam adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Wilayah kota Batam terletak di Pulau Batam dan seluruh wilayahnya dikelilingi Selat Singapura dan Selat Malaka. Batam adalah kota terbesar di Kepulauan Riau dan kota terbesar keempat di wilayah Sumatera setelah Medan, Palembang dan Pekanbaru. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Batam per tahun 2015, jumlah penduduk di Batam mencapai 1.164.352 jiwa. Wilayah Metropolitan Pulau Batam terdiri dari tiga pulau, yaitu Batam, Rempang dan Galang yang dihubungkan oleh sebuah jembatan, yakni Jembatan Bareleng. Batam merupakan salah satu kota dengan letak yang sangat strategis. Selain berada di jalur pelayaran internasional, kota ini memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura dan Malaysia. Batam merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan terpesat di Indonesia. Ketika dibangun pada tahun 1970-an oleh Otorita Batam (saat ini bernama BP Batam), kota ini hanya dihuni sekitar 6.000 penduduk dan dalam tempo 40 tahun penduduk Batam bertumbuh hingga 158 kali lipat (Wikipedia, 2017).



(Sumber: <https://www.google.co.id/maps/place/Batam+Island/>)

Gambar II. 29 Rute Penyeberangan Batam – Singapura

Di Kota Batam terdapat beberapa pelabuhan penyeberangan kapal feri penumpang, tetapi hanya 3 pelabuhan yang aktif dalam kegiatan penyeberangan dari Batam ke Singapura, yaitu Pelabuhan Sekupang, Pelabuhan Harbour Bay, dan Pelabuhan Batam Center. Adapun pembahasan dalam Tugas Akhir ini, pelabuhan yang ditinjau adalah Pelabuhan Batam Center karena pelabuhan ini merupakan pelabuhan yang paling ramai dikunjungi dan memiliki jam terbang yang cukup tinggi. Pelabuhan Batam Center terletak pada koordinat 1°07'50.6"N 104°03'19.5"E dengan kedalaman 6 meter.



(Sumber: <https://www.google.co.id/maps/>)

Gambar II. 30 Pelabuhan Ferry Batam Center, Batam

Pelabuhan di Singapura yang digunakan sebagai pelabuhan penyeberangan penumpang adalah Pelabuhan Harbourfront Centre yang terletak pada koordinat $1^{\circ}15'44.4''\text{N}$ $103^{\circ}49'04.3''\text{E}$ dengan kedalaman 10.8 meter. Pelabuhan ini terletak pada Selat Singapura yang merupakan selat yang lalu lintasnya relatif padat, mengingat fungsinya sebagai jalur lintasan perairan dalam ke pelabuhan – pelabuhan di Singapura. Selat ini memisahkan Indonesia dan Singapura (Wikipedia, 2016).



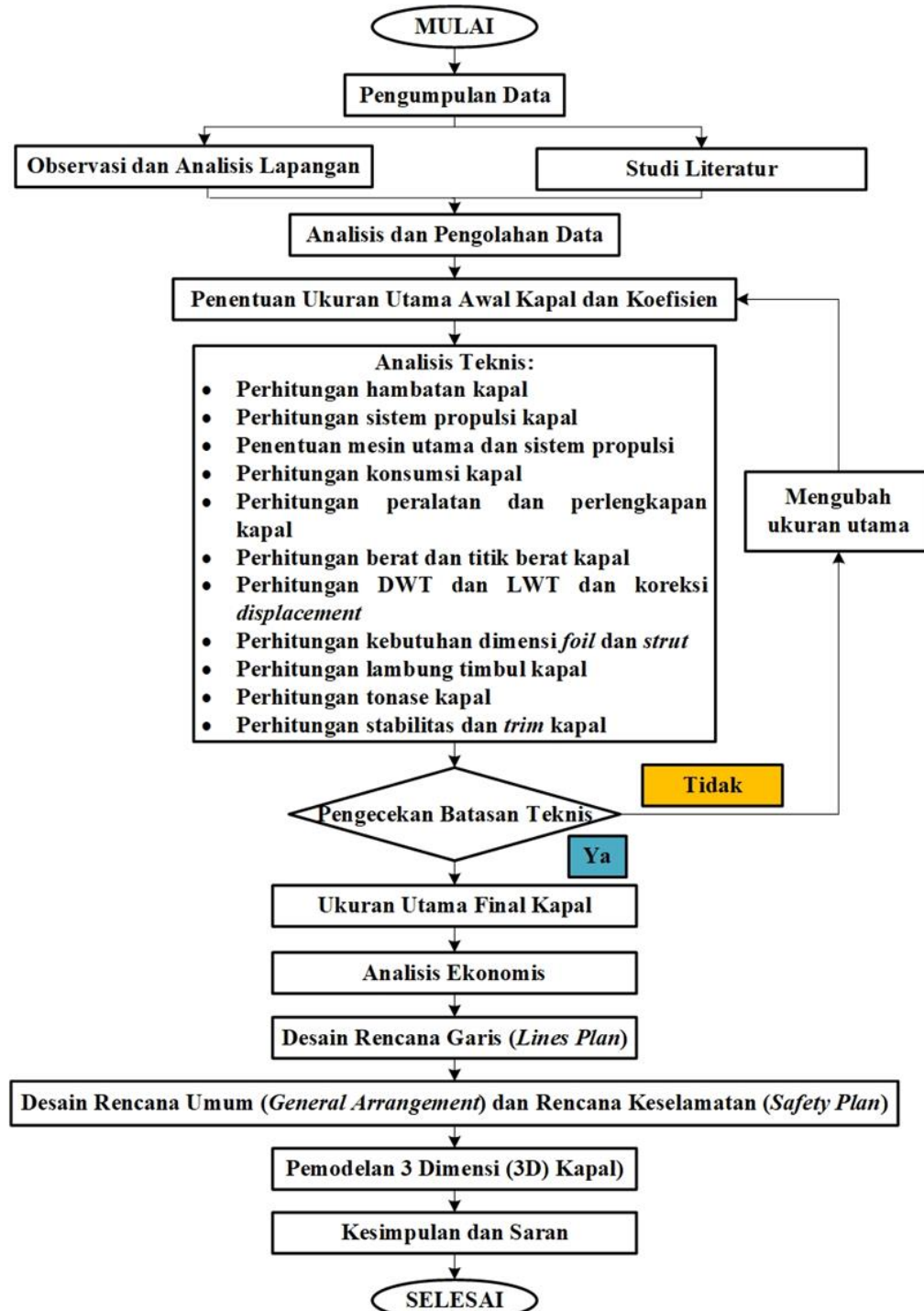
(Sumber: <https://www.google.co.id/maps/>)

Gambar II. 31 Pelabuhan Harbourfront Centre, Singapura

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir



Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

III.2. Tahap Pengerjaan

III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Waktu tempuh antara Batam ke Singapura yang masih cukup lama
2. Para pekerja yang berdomisili di Batam dan bekerja di Singapura atau sebaliknya yang membutuhkan kapal penyeberangan lebih cepat untuk mengefisiensi waktu

III.2.2. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori – teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

1. *Hydrofoil*

Perlu diketahui bahwa sistem *hydrofoil* dapat meningkatkan kecepatan kapal dengan gaya angkat yang dihasilkan oleh *foil* tersebut yang dapat mengefisiensi waktu tempuh pelayaran. Sehingga dapat ditentukan sistem *hydrofoil* yang sesuai yang akan digunakan pada kapal ini.

2. Metode Desain Kapal

Terdapat beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai.

III.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data – data yang diperlukan antara lain:

1. Data Jumlah Pengguna (Penumpang) Jasa Penyeberangan Batam – Singapura
Data mengenai jumlah pengguna jasa penyeberangan Batam – Singapura didapatkan dari penyebaran kuesioner di Pelabuhan Batam Center dan beberapa perusahaan yang ada di kota Batam. Data tersebut merupakan data untuk mengetahui seberapa besar jumlah peminat yang membutuhkan jasa penyeberangan Batam – Singapura dengan waktu yang lebih cepat. Serta

dilakukan perhitungan dengan beberapa menggunakan nilai asumsi seperti perhitungan mengenai biaya operasional seperti biaya pembangunan kapal, biaya tiket, biaya bahan bakar, dan biaya gaji kru (awak) kapal dari kapal feri yang sudah ada pada penyeberangan tersebut. Semua data yang didapat akan dijadikan sebagai acuan dalam penentuan *payload*.

2. Pengumpulan data kapal yang sudah ada (*existing*) seperti ukuran utama kapal, spesifikasi kapal, biaya operasi kapal, gambar – gambar kapal, dan lain – lain.

III.2.4. Tahap Pengolahan Data

Dari data – data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal diantaranya:

1. Penentuan *payload*
2. Penentuan ukuran utama kapal
3. Menghitung hambatan dan sistem propulsi kapal
4. Penentuan mesin utama, mesin bantu, dan propulsi kapal
5. Menghitung peralatan dan perlengkapan kapal
6. Menghitung berat dan titik berat kapal
7. Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*
8. Menghitung *displacement*
9. Menghitung kebutuhan dan dimensi *foil* dan *strut*
10. Menghitung tonase kapal
11. Menghitung lambung timbul (*freeboard*)
12. Menghitung stabilitas dan *trim* kapal

III.2.5. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal dengan sistem penggerak hibrida. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 4, yaitu:

1. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software Design Modeler* lambung kapal. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis dengan bantuan *software AutoCAD 2017 Student Version*.

2. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

Dari rencana garis yang telah didesain, dibuat rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan lainnya.

3. Desain Rencana Keselamatan (*Safety Plan*)

Dari rencana umum yang telah didesain, dibuatlah perencanaan keselamatan kapal. Di dalam perencanaan keselamatan kapal ini jumlah penumpang diperhitungkan dalam penentuan jumlah peralatan keselamatan. Perencanaan keselamatan kapal mengacu pada SOLAS 1974.

4. Pemodelan 3D

Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah pemodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software Design Modeler* lambung kapal dan *Sketchup 2017*.

III.2.6. Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal, estimasi *Breakeven Point* (BEP), harga tiket penyeberangan, dan estimasi kelayakan investasi *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR).

III.2.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi terhadap standar yang ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB IV

ANALISIS TEKNIS

IV.1. Umum

Analisis teknis pada kapal ini meliputi beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

1. Perhitungan penentuan *payload*, ukuran utama, koefisien – koefisien kapal, hambatan dan sistem propulsi kapal, penentuan penggunaan mesin utama dan mesin bantu.
2. Perencanaan dimensi *foil* karena jenis kapal adalah *hydrofoil*.
3. Perhitungan dan pemeriksaan kriteria *freeboard* dan *tonnage* mengacu pada *International Convention on Load Lines* (ICLL), 1966 dan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships* 1969 dari IMO (*International Maritime Organization*).
4. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal sebelum, meliputi pemeriksaan kriteria stabilitas berdasarkan *Intact Stability* (IS) Code IMO dan kriteria trim berdasarkan SOLAS 1974 Reg. II/7, dan *High – Speed Craft* (HSC) 2000 for *Monohull and Hydrofoil*.
5. Perencanaan desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan Rencana Keselamatan (*Safety Plan*).

IV.2. Penentuan Payload

Penentuan *payload* dari Kapal Feri Cepat *Hydrofoil* ini berdasarkan dari data dan perhitungan dari kapal feri yang sudah ada (*existing*) pada penyeberangan Batam – Singapura yang meliputi ukuran utama dan spesifikasi kapal (kecepatan servis, mesin yang digunakan, *deadweight tonnage* kapal), biaya pembangunan kapal, operasional kapal (konsumsi bahan bakar mesin kapal, gaji kru kapal, dan reparasi kapal), jumlah penumpang kapal dan harga tiket penumpang. Dari data yang didapatkan, kemudian dihitung sebagai *payload* dari luasan geladak penumpang.

Data kapal ini didapatkan dari berbagai sumber seperti situs resmi dari perusahaan feri sendiri, situs klasifikasi kapal yang digunakan pada kapal feri, dan melalui wawancara dengan kru kapal tersebut. Data yang diperoleh merupakan bentuk data dari berbagai macam sumber yang dimasukkan (input) dalam perhitungan menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

Tabel IV.1 merupakan data kapal feri dari berbagai perusahaan yang sudah ada (*existing*) pada pelayaran atau penyeberangan Batam – Singapura.

Tabel IV. 1 Data Kapal Ferry Existing pada Penyeberangan Batam - Singapura

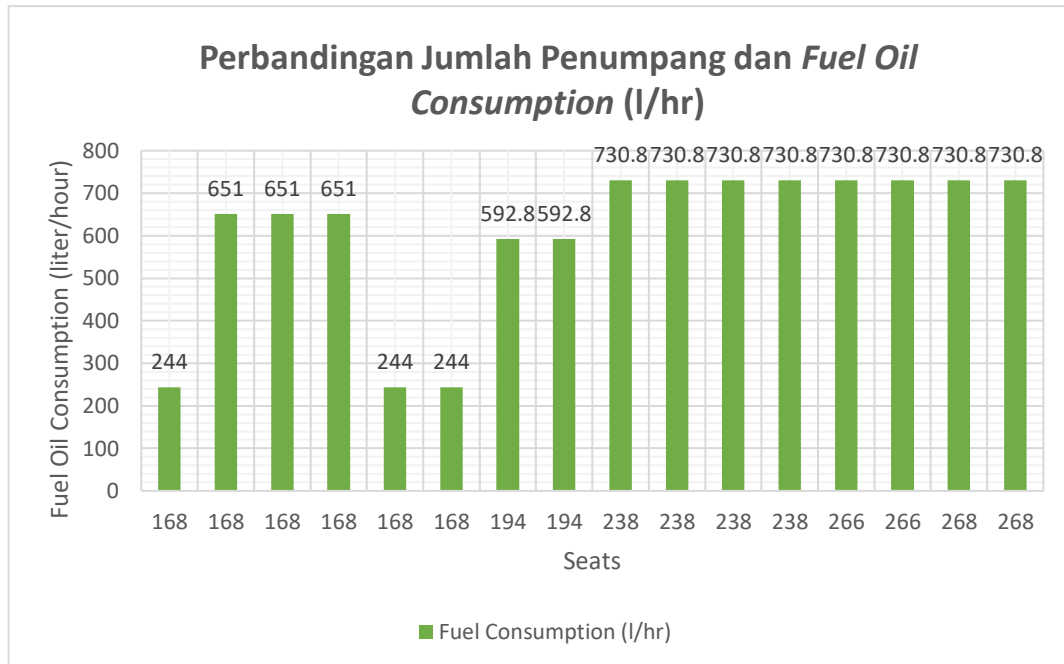
| No | Ship Name | GT | DWT | LOA | LPP | B | H | T | Vs | | Hull type | Seats | Year | Classification | Status |
|----|--------------|-----|-----|-------|-------|------|------|-------|------|---------|-----------|-------|------|--------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | Max | Service | | | | | |
| 1 | WAVEMASTER 3 | 253 | 100 | 37 | 31.6 | 7.32 | 2.5 | 2.25 | 29.5 | 27 | Monohull | 168 | 2001 | Det Norske Veritas | In Operation, Active |
| 2 | WAVEMASTER 5 | 253 | 400 | 37.5 | 31.6 | 7 | 2.5 | 2.26 | 29.5 | 26 | Monohull | 168 | 2001 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 3 | WAVEMASTER 6 | 253 | 400 | 37.5 | 31.6 | 7 | 2.5 | 2.26 | 29.5 | 27 | Monohull | 168 | 2002 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 4 | WAVEMASTER 7 | 253 | 400 | 37.5 | 31.6 | 7 | 2.5 | 2.26 | 29.5 | 26 | Monohull | 168 | 2002 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 5 | WAVEMASTER 8 | 253 | 43 | 37 | 31.6 | 7.32 | 2.5 | 1.046 | 29.5 | 26 | Monohull | 168 | 2002 | Det Norske Veritas | In Operation, Active |
| 6 | WAVEMASTER 9 | 253 | 43 | 37 | 31.6 | 7.32 | 2.5 | 1.03 | 29.5 | 26 | Monohull | 168 | 2002 | Det Norske Veritas | In Operation, Active |
| 7 | BATAMFAST 19 | 171 | 25 | 33 | 28.4 | 6.5 | 2.9 | 1.8 | 32.4 | 27 | Monohull | 194 | 1994 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 8 | BATAMFAST 20 | 171 | 27 | 33 | 28.4 | 6.5 | 2.9 | 1.8 | 32.4 | 27 | Monohull | 194 | 1994 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 12 | HORIZON 6 | 428 | 45 | 38.5 | 35.5 | 8.7 | 4.1 | 1.4 | 26 | 24 | Monohull | 238 | 2015 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 13 | HORIZON 7 | 428 | 45 | 38.5 | 35.5 | 8.7 | 3.5 | 1.4 | 26 | 24 | Monohull | 238 | 2013 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 14 | HORIZON 8 | 428 | 45 | 38.5 | 35.5 | 8.7 | 3.5 | 1.4 | 26 | 24 | Monohull | 238 | 2014 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 15 | HORIZON 9 | 428 | 45 | 38.5 | 35.5 | 8.7 | 3.5 | 1.4 | 26 | 24 | Monohull | 238 | 2014 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 17 | QUEEN STAR 1 | 281 | | 37 | 31.46 | 7.4 | 2.6 | 1.2 | 29 | 27 | Monohull | 266 | 2012 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 18 | QUEEN STAR 2 | 281 | | 37 | 31.46 | 7.4 | 2.6 | 1.2 | 29 | 27 | Monohull | 266 | 2012 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 19 | QUEEN STAR 5 | 279 | 31 | 34.85 | 30.1 | 6.89 | 1.19 | 1.19 | 28 | 27 | Monohull | 268 | 2016 | Bureau Veristar | In Operation, Active |
| 20 | QUEEN STAR 6 | 279 | 31 | 34.85 | 30.1 | 6.89 | 1.19 | 1.19 | 28 | 27 | Monohull | 268 | 2016 | Bureau Veristar | In Operation, Active |

| No | Ship Name | Power and Rating | | Diesel Engine | Fuel Consumption | | Fuel Consumption | |
|----|--------------|------------------|------|--------------------------------|------------------|-------|------------------|-------|
| | | kW | HP | | (liter/hour) | g/kWh | (liter/hour) | g/kWh |
| 1 | WAVEMASTER 3 | | | 2 x Perkins Engine | 122 | | 244 | 0 |
| 2 | WAVEMASTER 5 | 2427 | 3297 | 3 x MAN TRUCK & BUS AG (D2842) | 217 | 226 | 651 | 678 |
| 3 | WAVEMASTER 6 | 2427 | 3297 | 3 x MAN TRUCK & BUS AG (D2842) | 217 | 226 | 651 | 678 |
| 4 | WAVEMASTER 7 | 2460 | 3342 | 3 x MAN TRUCK & BUS AG (D2842) | 217 | 226 | 651 | 678 |
| 5 | WAVEMASTER 8 | | | 2 x Perkins Engine | 122 | | 244 | 0 |
| 6 | WAVEMASTER 9 | | | 2 x Perkins Engine | 122 | | 244 | 0 |
| 7 | BATAMFAST 19 | 2480 | 3370 | 2 x MTU Friedrichshafen | 296.4 | | 592.8 | 0 |
| 8 | BATAMFAST 20 | 2480 | 3370 | 2 x MTU Friedrichshafen | 296.4 | | 592.8 | 0 |
| 12 | HORIZON 6 | 2910 | 3954 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 13 | HORIZON 7 | 2910 | 3954 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 14 | HORIZON 8 | 2910 | 3954 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 15 | HORIZON 9 | 2871 | 3900 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 17 | QUEEN STAR 1 | 2910 | 3954 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 18 | QUEEN STAR 2 | 2910 | 3954 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 19 | QUEEN STAR 5 | 2871 | 3900 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |
| 20 | QUEEN STAR 6 | 2871 | 3900 | 3 x CAT C32 ACERT | 243.6 | 210.8 | 730.8 | 632.4 |

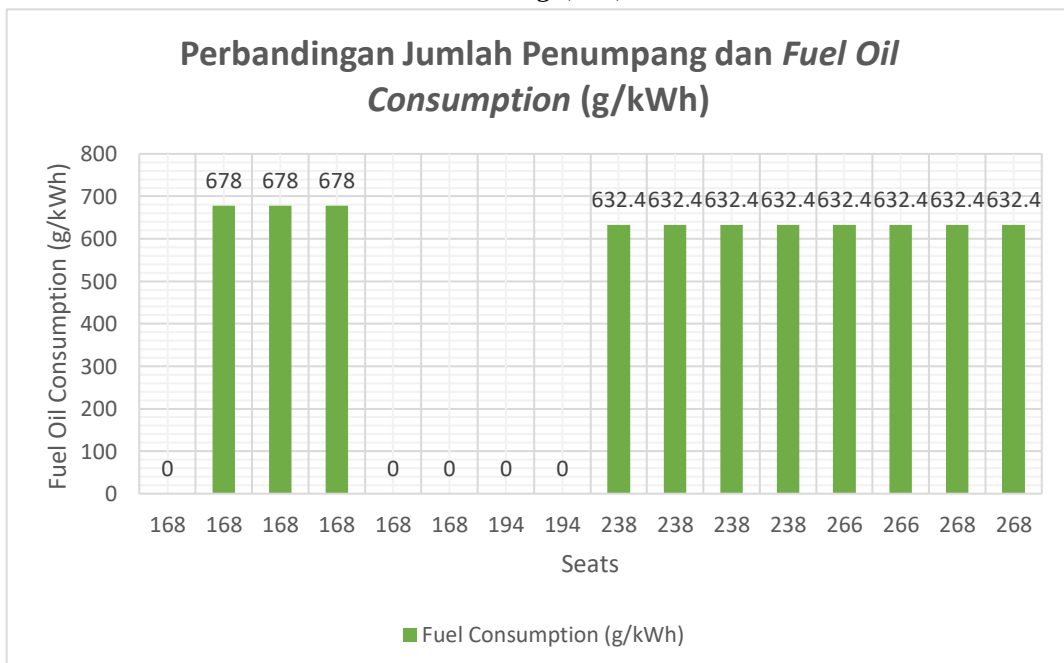
(Sumber):

- www.veristar.com/portal/veristarinfo
- www.vesselregister.dnvgvl.com/vesselregister
- www.world-ships.com
- www.marinetraffic.com
- www.engines.man.eu/global/en/index.html
- www.cat.com/en_US/products
- www.mtu-online.com/great-britain/products
- www.perkins.com/en_GB/products

Setelah didapatkan data dan spesifikasi kapal feri yang sudah ada (*existing*) dalam pelayaran Batam – Singapura, diambil variabel yang akan dijadikan perbandingan yaitu jumlah penumpang kapal dan konsumsi bahan bakar dari setiap kapal. Diambil perbandingan tersebut karena jumlah penumpang kapal dan konsumsi bakar kapal merupakan nilai yang cukup signifikan untuk dijadikan sebagai acuan.



Gambar IV. 1 Perbandingan Jumlah Penumpang dan Konsumsi Bahan Bakar *Ferry Existing* (l/hr)



Gambar IV. 2 Perbandingan Jumlah Penumpang dan Konsumsi Bahan Bakar *Ferry Existing* (g/kWh)

Setelah dilakukan perbandingan diatas, dilakukan perhitungan operasional kapal (beberapa variabel didapatkan dari asumsi berdasarkan sumber dari internet) untuk mencari nilai yang paling relevan yang akan dijadikan acuan dalam penentuan *payload*. Perhitungan dijabarkan pada penjelasan berikut ini.

1. Batam Fast Ferry

| Batamfast 18 | | | | | |
|---|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 250 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 350,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 770.8 | l/h | 2 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket | | | | | |
| = Rp 87,500,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x Lama perjalanan | | | | | |
| = Rp 12,795,280 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 49,104,720 | | | | | |

Gambar IV. 3 Biaya Operasional Batamfast 18

| Batamfast 19 dan 20 | | | | | |
|--|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 194 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 350,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 592.8 | l/h | 2 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket x 30 hari | | | | | |
| = Rp 67,900,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x 20 kali perjalanan x 30 hari | | | | | |
| = Rp 9,840,480 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 32,459,520 | | | | | |

Gambar IV. 4 Biaya Operasional Batamfast 19 dan 20

2. Majestic Fast Ferry

| Wavemaster 3, 8, dan 9 | | | | | |
|---|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 168 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 320,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 244 | l/h | 2 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket | | | | | |
| = Rp 53,760,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x Lama perjalanan | | | | | |
| = Rp 4,050,400 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 24,109,600 | | | | | |

Gambar IV. 5 Biaya Operasional Wavemaster 3, 8, dan 9

| Wavemaster 5, 6, dan 7 | | | | | |
|---|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 168 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 320,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 651 | l/h | 3 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | 678 | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket | | | | | |
| = Rp 53,760,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x Lama perjalanan | | | | | |
| = Rp 11,254,800 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 16,905,200 | | | | | |

Gambar IV. 6 Biaya Operasional Wavemaster 5, 6, dan 7

3. Horizon Fast Ferry

| Horizon 6, 7, 8, dan 9 | | | | | |
|--|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 238 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 360,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 730.8 | l/h | 3 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | 632.4 | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket x 30 hari | | | | | |
| = Rp 85,680,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x 20 kali perjalanan x 30 hari | | | | | |
| = Rp 10,497,840 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 49,582,160 | | | | | |

Gambar IV. 7 Biaya Operasional Horizon 6, 7, 8, dan 9

4. Sindo Fast Ferry

| Queenstar 1 dan 2 | | | | | |
|---|--------------|-------|---------|--|--|
| Jumlah Penumpang | 266 | orang | | | |
| Harga Tiket | Rp 315,000 | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 730.8 | l/h | 3 mesin | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | 632.4 | g/kWh | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | |
| Perhitungan : | | | | | |
| Biaya Penumpang = Jumlah penumpang x harga tiket | | | | | |
| = Rp 83,790,000 | | | | | |
| Biaya Bahan Bakar = Konsumsi mesin x Harga solar industri x Lama perjalanan | | | | | |
| = Rp 10,497,840 | | | | | |
| Biaya Gaji Kru = Jumlah kru x UMK Batam | | | | | |
| = Rp 25,600,000 | | | | | |
| Total Biaya = Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | | |
| = Rp 47,692,160 | | | | | |

Gambar IV. 8 Biaya Operasional Queenstar 1 dan 2

Dari perhitungan operasional kapal dan dilakukan perbandingan diatas dapat disederhanakan menjadi dua perbandingan kapal dimana jumlah penumpang kapal dan pendapatan yang diperoleh memiliki nilai paling relevan. Penentuan dua perbandingan kapal ini berdasarkan nilai yang hampir sama dan dilakukan perbandingan kembali untuk menentukan nilai yang paling relevan dimana akan dijelaskan sebagai berikut.

| Batamfast 19 dan 20 | | | | | | | Horizon 6, 7, 8, dan 9 | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|-------|---|--|--|----------------|---------------------------------|------------|-------|---|--|--|--|
| Jumlah Penumpang | 194 | orang | 2 mesin | | | | Jumlah Penumpang | 238 | orang | | | | |
| Harga Tiket | Rp 350,000 | | | | | | Harga Tiket | Rp 360,000 | | | | | |
| Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | | | Harga Solar Industri | Rp 8,300 | | | | | |
| Konsumsi Mesin (l/h) | 592.8 | l/h | | | | | Konsumsi Mesin (l/h) | 730.8 | l/h | 3 mesin | | | |
| Konsumsi Mesin (g/kWh) | | g/kWh | | | | | Konsumsi Mesin (g/kWh) | 632.4 | g/kWh | | | | |
| Jumlah Kru | 8 | orang | | | | Jumlah Kru | 8 | orang | | | | | |
| UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | | UMK Batam 2017 | Rp 3,200,000 | | | | | | |
| Perhitungan : | | | | | | Perhitungan : | | | | | | | |
| Biaya Penumpang = | | | Setengah jumlah penumpang x harga tiket x 30 hari x 20 kali perjalanan | | | | Biaya Penumpang = | | | Setengah jumlah penumpang x harga tiket x 30 hari x 20 kali perjalanan | | | |
| = Rp | | | 20,370,000,000 | | | | = Rp | | | 25,704,000,000 | | | |
| Biaya Bahan Bakar = | | | 2 kali Konsumsi mesin x Harga solar industri x 20 kali perjalanan x 30 hari | | | | Biaya Bahan Bakar = | | | 2 kali Konsumsi mesin x Harga solar industri x 20 kali perjalanan x 30 hari | | | |
| = Rp | | | 5,904,288,000 | | | | = Rp | | | 7,278,768,000 | | | |
| Biaya Gaji Kru = | | | Jumlah kru x UMK Batam | | | | Biaya Gaji Kru = | | | Jumlah kru x UMK Batam | | | |
| = Rp | | | 25,600,000 | | | | = Rp | | | 25,600,000 | | | |
| Total Biaya Operasi (1 Bulan) = | | | Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | | Total Biaya Operasi (1 Bulan) = | | | Biaya penumpang - Biaya bahan bakar - Biaya gaji kru | | | |
| = Rp | | | 14,440,112,000 | | | | = Rp | | | 18,399,632,000 | | | |
| Total Biaya Operasi (1 Hari) = | | | Total Biaya (1 Bulan) / 30 hari | | | | Total Biaya Operasi (1 Hari) = | | | Total Biaya (1 Bulan) / 30 hari | | | |
| | | | Rp 481,337,066.67 | | | | | | | Rp 613,321,066.67 | | | |
| Biaya pembangunan kapal = | | | Rp 16,550,000,000 ; asumsi | | | | Biaya pembangunan kapal = | | | Rp 19,350,000,000 ; asumsi | | | |
| Waktu Kembali modal = | | | Biaya pembangunan / 30 hari | | | | Waktu Kembali modal = | | | Biaya pembangunan / 30 hari | | | |
| = | | | 34.38338982 hari | | | | = | | | 31.54954403 hari | | | |
| = | | | 35 hari | | | | = | | | 32 hari | | | |
| Total Pendapatan = | | | Total Biaya Operasi (1 Hari) x Waktu kembali modal | | | | Total Pendapatan = | | | Total Biaya Operasi (1 Hari) x Waktu kembali modal | | | |
| = Rp | | | 16,846,797,333.33 | | | | = Rp | | | 19,626,274,133.33 | | | |
| Selisih = | | | Rp 296,797,333.33 | | | | Selisih = | | | Rp 276,274,133.33 | | | |

Gambar IV. 9 Biaya Operasional Kapal yang paling Relevan

Berdasarkan data diatas di mana dilakukan perbandingan dalam perhitungan jumlah penumpang kapal, harga tiket kapal, dan biaya operasional kapal, di dapatkan penentuan *payload*, yaitu jumlah penumpang dari kapal Horizon Ferry 6, 7, 8 dan 9 (kapal yang sama) dengan jumlah penumpang 238 penumpang. Dari data tersebut dapat dibuat *layout* untuk mencari nilai *payload* luasan geladak (*deck*).

Tabel IV. 2 Payload Luasan Dek

| Penentuan Payload Luasan Deck dan Berat | | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|
| Jumlah Penumpang | 238 | | | | Orang |
| Deck 1 (Main Deck) | 140 | | | | |
| Deck 2 (Upper Deck) | 98 | | | | |
| Jumlah Kru | 10 | | | | |
| Muatan | Asumsi Beban (ton) | Luas Per Unit (m ²) | Berat/m ² | Luasan Total (m ²) | Berat Total (ton) |
| Deck 1 (Main Deck) | | | | | |
| Penumpang | 0.08 | 0.52 | 0.154 | 72.8 | 11.2 |
| Kru | 0.08 | 0.52 | 0.154 | 5.2 | 0.8 |
| Bagasi | 0.02 | | | | 2.8 |
| Barang Bawaan Kru | 0.02 | | | | 0.2 |
| Deck 2 (Upper Deck) | | | | | |
| Penumpang | 0.08 | 0.52 | 0.154 | 50.96 | 7.84 |
| Bagasi | 0.02 | | | | 1.96 |
| Total Payload Luasan Deck dan Berat = | | | | 128.96 | 24.8 |

Perhitungan *payload* akhir didapat dari perhitungan luasan geladak penumpang, di mana jumlah muatan yang di-plot pada gambar menggunakan data perhitungan muatan pada Tabel IV.2. Tujuan menghitung *payload* luasan geladak yaitu untuk mencari berat per luasan m² sehingga didapatkan total *payload* luasan geladak sebesar 24.8 ton ini dilakukan pembulatan keatas sebesar 1 *digit*. Jadi *payload* dari Kapal Cepat Feri *Hydrofoil* adalah **25 ton**.

IV.3. Penentuan Ukuran Utama Kapal

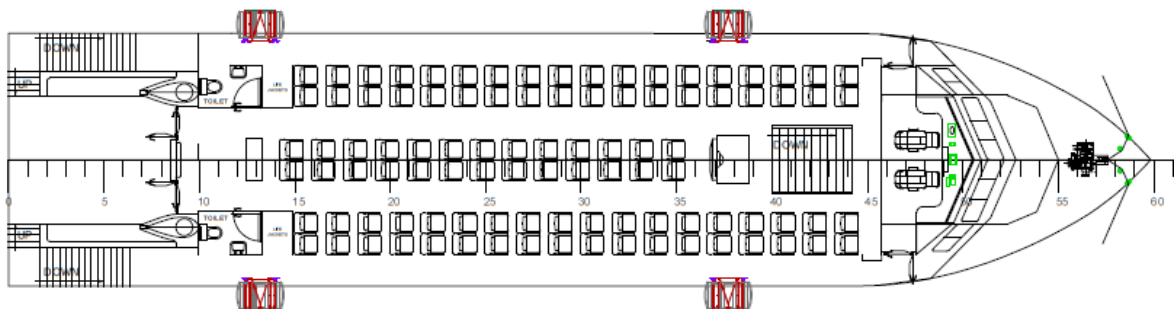
Penentuan ukuran utama kapal adalah berdasarkan dari perbandingan yang sudah dijelaskan dalam penentuan *payload* di sub-bab IV.2. di mana yang ditentukan merupakan Kapal Horizon Ferry 6, 7, 8, dan 9 (kapal yang sama) dengan ukuran utama kapal sebagai berikut:

- *Length Overall* = 38.5 meter
- *Length Between Perpendicular* = 35.5 meter
- *Breadth* = 8.7 meter
- *Height (Depth) (main deck)* = 4.1 meter
- *Draught* = 1.4 meter
- *Seats Number* = 238 *Passengers*

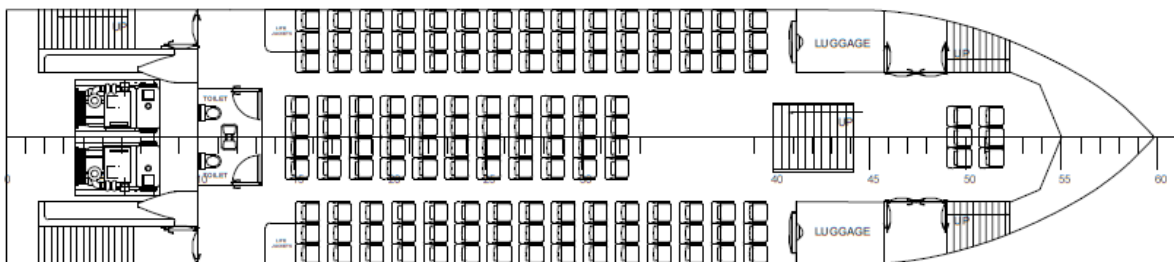
Setelah dilakukan perhitungan, perbandingan rasio kapal, dan pembuatan *layout* awal kapal, nilai ukuran utama yang sudah didapat diatas dilakukan perubahan di mana ukurannya berubah menjadi:

- *Length Overall* = 38.5 meter
- *Length of Waterline* = 35.5 meter
- *Length Between Perpendicular* = 35.5 meter
- *Breadth* = 8.7 meter
- *Height (Depth) (main deck)* = 2.5 meter
- *Draught* = 1.6 meter
- *Seats Number* = 238 *Passengers*

Jumlah kursi penumpang pada Gambar IV.10 sebanyak 90 unit untuk kelas VIP di *upper deck* dan Gambar IV.11 sebanyak 148 unit untuk kelas *Economy* di *main deck*, dengan ukuran standar kursi, jarak antar kursi, serta lebar akses jalan yang sudah disesuaikan dengan aturan Surat Dirjen Perhubungan Darat No. AP.005/3/13/DPRD/1994.



Gambar IV. 10 Upper Deck



Gambar IV. 11 Main Deck

Ukuran utama yang sudah didapatkan kemudian disesuaikan dengan batasan – batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut.

| | | |
|----------------------|-----------|--|
| – L / B | $= 4.08$ | $2.52 \leq L / B \leq 18.26$ |
| – B / T | $= 5.34$ | $1.7 \leq B / T \leq 9.8$ |
| – L / T | $= 21.78$ | $10 \leq L / T \leq 30$ |
| – $L / \nabla^{1/3}$ | $= 7.36$ | $3.97 \leq L / \nabla^{1/3} \leq 12.4$ |
| – $L / 16$ | $= 2.21$ | $H > L / 16$ |

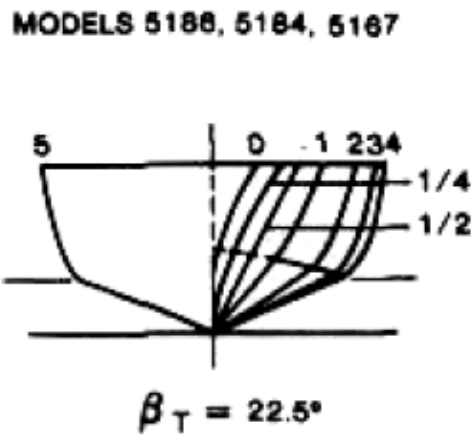
Dari pengecekan batasan – batasan perbandingan ukuran utama tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran utama kapal memenuhi karena hasil perbandingan masuk dalam *range* yang sudah ditentukan di mana kapal ini termasuk dalam jenis kapal cepat yang memiliki karakteristik berbeda dengan kapal biasa, yaitu dengan menggunakan karakteristik kapal cepat berdasarkan metode *Savitsky Planing Hull (Savitsky Planing Hull Method)*.

Dari perhitungan teknis yang telah dilakukan, dilakukan pengecekan teknis meliputi pengecekan berat, stabilitas, *trim*, dan lambung timbul kapal. Dari pengecekan teknis yang telah dilakukan, diketahui bahwa ukuran utama awal yang digunakan sudah memenuhi pengecekan berat.

IV.3.1. Penentuan Koefisien Kapal

Penentuan koefisien kapal pada umumnya menggunakan perhitungan empiris dari berbagai referensi seperti *block coefficient* (C_B), *midship coefficient* (C_M), *waterplane coefficient* (C_{WP}) dan *prismatic coefficient* (C_P). Dalam penentuan *block coefficient* (C_B) pada kapal niaga umumnya menggunakan rumus empiris dari beberapa metode atau *rules* (peraturan) klasifikasi seperti yang tercantum pada *Principles of Naval Architecture Volume I: Stability and Strength, Section 3 – Coefficients of Form* (Halaman 18) dan Peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia *Rules for the Classification and Construction – Part 1 Seagoing Ships, Volume II – Rules for Hull, Section 1-7/10*. Tetapi pada proses desain kapal ini tidak menggunakan rumus dari referensi tersebut karena kapal *hydrofoil* memiliki karakteristik bentuk lambung yang berbeda dari lambung kapal pada umumnya. Karakteristik ini berdasarkan dari referensi *Model Resistance Data of Series 65 Hull Forms Applicable to Hydrofoils and Planing Craft* dan juga tercantum dalam pada *Principles of Naval Architecture Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration, Section 9 – High-Speed Craft and Advanced Marine Vehicles* (Halaman 103).

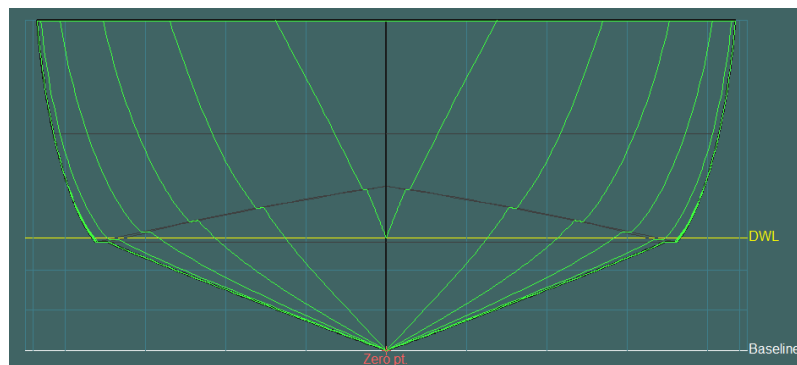
Berikut bentuk lambung kapal Series 65 yang didapatkan dari referensi yang dijelaskan diatas di mana yang digunakan merupakan Series 65-B.



SERIES 65-B

Gambar IV. 12 Series 65-B

Kemudian dari gambar tersebut dilakukan pemodelan (*re – drawing*) menggunakan *software Design Modeler* lambung kapal untuk dijadikan sebagai bentuk lambung kapal *hydrofoil* dengan cara membuat *control point* dan *surface* baru lalu memasukkan data ukuran utama yang sudah didapatkan dari perhitungan pada sub-bab IV.3. Berikut hasil dari pemodelan menggunakan *software* yang akan dijadikan sebagai parameter dan penentuan koefisien bentuk lambung kapal.



Gambar IV. 13 Pemodelan Awal dengan *Re-Drawing*

Setelah selesai melakukan proses *re-drawing* pada *software* didapatkan bentuk lambung kapal pada Gambar IV.22 dengan ukuran utama beserta data hidrostatnya, yaitu koefisien blok (C_B), koefisien *midship* (C_M), koefisien *waterplane* (C_{WP}), koefisien prismatic (C_P), displasemen, volume displasemen, dan lainnya. Berikut data hidrostatik yang diperoleh setelah proses pemodelan (*re-drawing*) pada Gambar IV.23.

| | Measurement | Value | Units |
|----|-----------------------------------|---------|------------------|
| 1 | Displacement | 178.3 | t |
| 2 | Volume (displaced) | 173.909 | m ³ |
| 3 | Draft Amidships | 1.630 | m |
| 4 | Immersed depth | 1.630 | m |
| 5 | WL Length | 35.582 | m |
| 6 | Beam max extents on WL | 6.879 | m |
| 7 | Wetted Area | 254.967 | m ² |
| 8 | Max sect. area | 5.751 | m ² |
| 9 | Waterpl. Area | 222.460 | m ² |
| 10 | Prismatic coeff. (Cp) | 0.850 | |
| 11 | Block coeff. (Cb) | 0.436 | |
| 12 | Max Sect. area coeff. (Cm) | 0.513 | |
| 13 | Waterpl. area coeff. (Cwp) | 0.909 | |
| 14 | LCB length | -0.385 | from amidsh. (+) |
| 15 | LCF length | -1.492 | from amidsh. (+) |
| 16 | LCB % | -1.083 | from amidsh. (+) |
| 17 | LCF % | -4.193 | from amidsh. (+) |
| 18 | KB | 1.098 | m |
| 19 | KG fluid | 0.000 | m |
| 20 | BMT | 4.718 | m |
| 21 | BML | 114.976 | m |
| 22 | GMT corrected | 5.816 | m |
| 23 | GML | 116.074 | m |
| 24 | KMT | 5.816 | m |
| 25 | KML | 116.074 | m |
| 26 | Immersion (TPc) | 2.280 | tonne/cm |
| 27 | MTc | 5.828 | tonne.m |
| 28 | RM at 1deg = GMT Disp. sin(1) | 18.093 | tonne.m |
| 29 | Length:Beam ratio | 5.172 | |
| 30 | Beam:Draft ratio | 4.221 | |
| 31 | Length:Vol ^{0.333} ratio | 6.375 | |
| 32 | Precision | High | 116 stations |

Gambar IV. 14 Data Hidrostatik

Berikut merupakan rekapitulasi nilai koefisien pada kapal dan nilai displasemen dan volume displasemen yang didapat setelah melakukan pemodelan.

- $C_B = 0.436$
- $C_M = 0.513$
- $C_{WP} = 0.909$
- $C_P = 0.850$
- $\Delta = 178.3 \quad \text{ton}$
- $\nabla = 173.909 \quad \text{m}^3$

IV.4. Perhitungan Teknis

Setelah didapatkan ukuran utama kapal dan telah disesuaikan dengan batasan rasio ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan teknis meliputi perhitungan hambatan dan sistem propulsi kapal, penentuan spesifikasi mesin utama dan mesin bantu kapal, perhitungan instalasi permesinan kapal, perhitungan konsumsi kapal, perhitungan peralatan dan perlengkapan, perhitungan berat dan titik berat kapal, perhitungan *Lightweight Tonnage* (LWT), perhitungan *Deadweight Tonnage* (DWT), perhitungan dimensi *foil* dan *strut*, perhitungan lambung timbul (*freeboard*), perhitungan tonase, perhitungan stabilitas dan *trim* kapal.

IV.4.1. Perhitungan Hambatan dan Sistem Propulsi Kapal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan. Perhitungan ini menggunakan metode Holtrop dan Savitsky karena kapal mengalami 3 fase kecepatan yaitu fase pertama pada saat kapal dalam keadaan *displacement* dengan kecepatan 10 knot, fase kedua pada saat kapal (lambung kapal) mulai terangkat dari permukaan air (*semi – planing*) dengan kecepatan 28 knot, dan fase ketiga pada saat kapal (lambung kapal) meninggalkan permukaan air (*planing*) yaitu dengan sistem *foil* yang terpasang pada kapal dengan kecepatan servis 40 knot dan kecepatan maksimal 45 knot. Untuk kondisi ketiga nilai hambatan merupakan nilai *drag* yang didapat pada perhitungan selanjutnya dalam penentuan dimensi *foil* dan *strut*. Dengan menggunakan metode Holtrop dan Savitsky dalam dua kondisi tersebut maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel IV. 3 Rekapitulasi Nilai Hambatan dan Propulsi

| Rekapitulasi Hambatan dan Propulsi Kapal | | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| | Kondisi 1 (10 Knot) | Kondisi 2 (28 Knot) | Kondisi 3 (40 Knot) | Satuan |
| R_T | 27.4 | 96.4 | 175 | kN |
| EHP | 140.957656 | 1388.46848 | 3600.8 | HP |
| | 105.1121241 | 1035.380946 | 2685.11656 | kW |
| DHP | 1187.849392 | 1927.703367 | 4582.073 | HP |
| | 885.7805191 | 1437.490393 | 3416.856 | kW |
| BHP | 1455.091496 | 2361.397661 | 5612.946 | HP |
| | 1085.061728 | 1760.894236 | 4185.574 | kW |

Pada Tabel IV.4 diperoleh besarnya BHP adalah 4185.574 kW, dimana nilai BHP ini didapatkan dari penggunaan daya sistem propulsi *waterjet* dan digunakan sebagai acuan untuk menentukan mesin yang akan digunakan. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

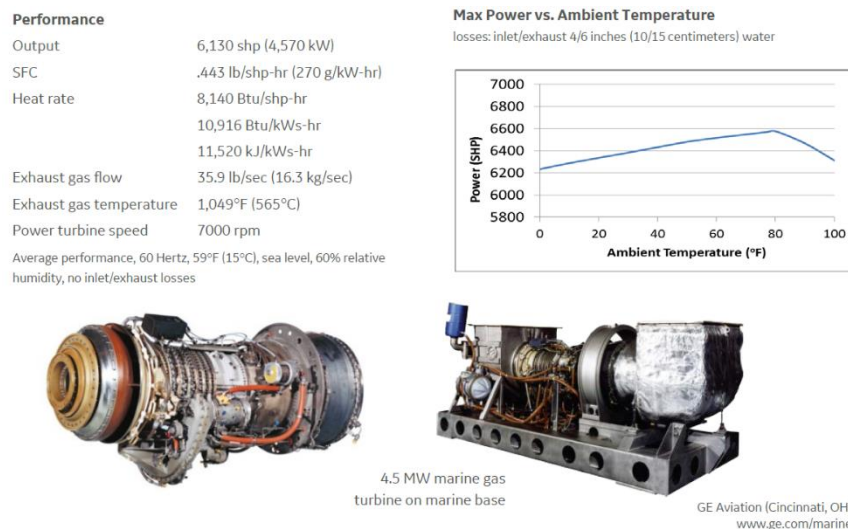
IV.4.2. Penentuan Spesifikasi Mesin Utama, Mesin Bantu, dan Propulsi *Waterjet*

Penentuan ini berdasarkan dari nilai yang didapat pada perhitungan hambatan dan sistem propulsi kapal pada sub-bab IV.4.1. yang akan dijelaskan sebagai berikut.

- Spesifikasi Mesin Utama (*Main Engine*)

| | |
|---------------------------------|--|
| MCR Mesin | |
| BHP = | 4185.574 kW = 5612.9462 HP |
| Mesin | |
| Main Engine = | Gas Turbine |
| Brand = | General Electric - General Electric Aviation |
| Type = | LM500 - The 4.5 MW Engine |
| Daya Mesin | |
| Daya = | 4570 kW = 6124.35 HP |
| Konsumsi Fuel Oil | |
| SFC = | 270 g/kWh = 198.58 g/BHP-hr |
| Konsumsi Lubrication Oil | |
| | = 0.9 g/kWh |
| Pemilihan Mesin Induk | |
| Power Output = | 4570 kW |
| n = | 7000 rpm |
| Exhaust Gas Flow = | 16.3 kg/sec |
| Exhaust Gas Temperature = | 565 |
| Length = | 2960 mm |
| Width = | 2360 mm |
| Height = | 910 mm |
| Weight = | 0.905 ton = 905 kg |

Gambar IV. 15 Spesifikasi Mesin Utama



Gambar IV. 16 Data Mesin Utama

- Spesifikasi Mesin Bantu (*Generator*)

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|--|
| Generator Set | | | |
| Daya Genset = 25% . Engine | | | |
| = | 1046.393 kW | 1113.52375 kVA | |
| = | 1403.235 HP | | |
| Pemilihan Genset (Mesin) | | | |
| Brand = | CAT Marine Power Systems | | |
| Type = | CAT 3512E | | |
| Maximum Power = 1789 | kW | 1 generator | |
| = 3578 | kW | 2 generator | |
| = 4798 | HP | | |
| Speed = 1200 | rpm | | |
| Frequency = 60 | Hz | | |
| Bore x Stroke = 170 x 215 | mm | | |
| Length = 2624 | mm | | |
| Height = 2335 | mm | | |
| Width = 1808 | mm | | |
| Dry mass = 8.176 | ton | | |
| = 8176 | kg | | |
| Diesel Oil = 200.2 | g/kWh | | |
| = 147.2 | g/BHPH | | |
| Lubrication Oil = 0.5 | g/kWh | | |

Gambar IV. 17 Spesifikasi Mesin Bantu

MARINE POWER SYSTEMS

3512E

< Back

REQUEST A QUOTE

FINANCING & INSURANCE
See our Current Offers

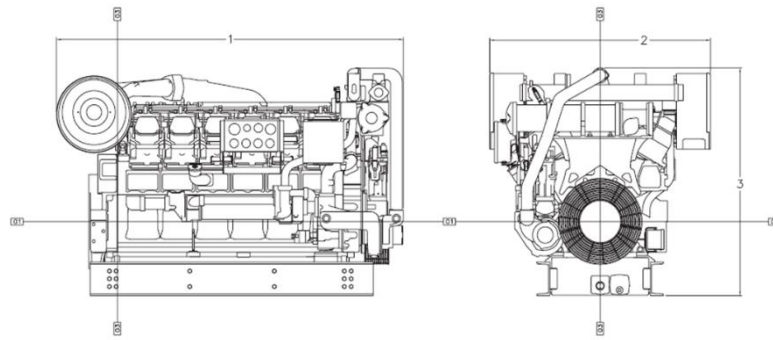
TECHNICAL INFORMATION >

FIND YOUR DEALER >

COMPARE MODELS >



Gambar IV. 18 Data Mesin Bantu

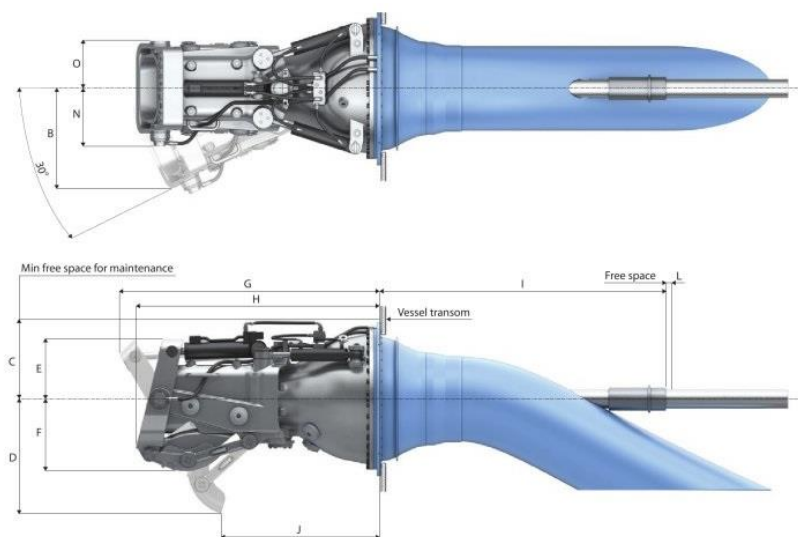


Gambar IV. 19 Dimensional Mesin Bantu

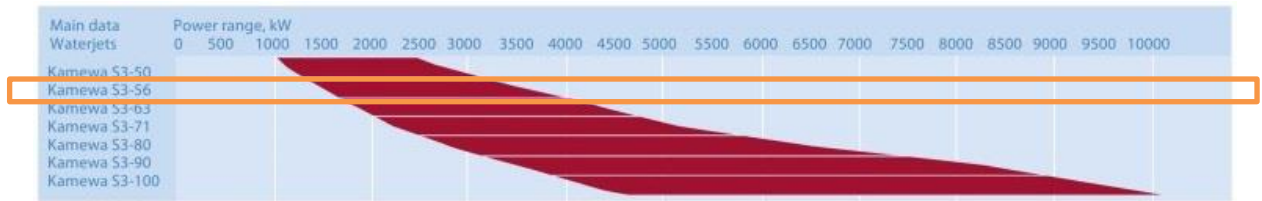
- Spesifikasi Sistem Propulsi Kapal (*Waterjet*)

| Spesifikasi Waterjet | | | |
|-------------------------------|----------|-----|--|
| Brand = Rolls-Royce Waterjets | | | |
| Type = S3 - Series (S3-56) | | | |
| Pump type = Axial flow | | | |
| n = | 2000 RPM | RPM | |
| Minimum power = | 1200 kW | kW | |
| Maximum power = | 3440 kW | kW | |
| Inboard length = | 2310 mm | mm | |
| Outboard length = | 1630 mm | mm | |
| Height = | 1300 mm | mm | |
| Width = | 1032 mm | mm | |
| Diameter = | 683 mm | mm | |
| Weight = | 3290 kg | kg | |
| = | 3.29 ton | ton | |

Gambar IV. 20 Spesifikasi *Waterjet*



Gambar IV. 21 Dimensional *Waterjet*



Gambar IV. 22 Nilai Power pada tiap Jenis Waterjet Rolls - Royce

IV.4.3. Perhitungan Konsumsi Kapal

Perhitungan konsumsi yang terdapat di dalam kapal meliputi perhitungan konsumsi bahan bakar mesin utama (*fuel oil*), konsumsi bahan bakar mesin bantu (*diesel oil*), konsumsi minyak pelumas, dan konsumsi air tawar/bersih (*fresh water*). Berikut merupakan perhitungan dari konsumsi yang ada di dalam kapal.

- **Konsumsi Bahan Bakar Mesin Utama (*Fuel Oil Consumption*)**

$$\text{BHP}_{\text{ME}} = 4570 \text{ kW}$$

$$b_{\text{ME}} = 270 \text{ g/kWh}$$

$$S = 21 \text{ nm}$$

$$V_s = 40 \text{ Knots}$$

$$c = 1.5 \quad (\text{reserved correction } [1.3 \sim 1.5])$$

$$W_{\text{HFO}} = \text{BHP}_{\text{ME}} \times b_{\text{ME}} \times (S/V_s) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{\text{HFO}} = 0.972 \text{ ton} \quad (\text{untuk 1 buah mesin})$$

$$W_{\text{HFO}} = 1.943 \text{ ton} \quad (\text{untuk 2 buah mesin})$$

$$= 0.021155 \text{ liter/hp/jam}$$

$$V_{\text{HFO}} = (W_{\text{DO}} / \rho) + 4\% \quad (\rho = 0.99)$$

(Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas)

(Diktat IGM Santosa)

$$V_{\text{HFO}} = 2.042 \text{ m}^3$$

- **Konsumsi Bahan Bakar Mesin Bantu (*Diesel Oil Consumption*)**

$$C_{\text{DO}} = 0.15 \quad (0.1 \sim 0.2) - \text{Diktat IGM Santosa (Halaman 38)}$$

$$W_{\text{DO}} = W_{\text{FO}} \times C_{\text{DO}}$$

$$W_{\text{DO}} = 0.146 \text{ ton} \quad (\text{untuk 1 buah generator})$$

$$W_{\text{DO}} = 0.292 \text{ ton} \quad (\text{untuk 2 buah generator})$$

$$V_{\text{DO}} = (W_{\text{DO}} / \rho) + 4\% \quad (\rho = 0.85)$$

(Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas)

(Diktat IGM Santosa)

$$= 0.357 \text{ m}^3$$

- **Konsumsi Minyak Pelumas (*Lubrication Oil Consumption*)**

- **Mesin Utama (*Main Engine*)**

$$BHP_{ME} = 4570 \text{ kW}$$

$$b_{ME} = 0.9 \text{ g/kWh}$$

$$S = 21 \text{ nm}$$

$$V_S = 40 \text{ Knots}$$

$$c = 1.5 \quad (\text{reserved correction [1.3 ~ 1.5]})$$

$$W_{LO} = BHP_{ME} \times b_{ME} \times (S/V_S) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{LO} = 0.0032 \text{ ton} \quad (\text{untuk 1 buah mesin})$$

$$W_{LO} = 0.0065 \text{ ton} \quad (\text{untuk 2 buah mesin})$$

$$V_{LO} = (W_{DO} / \rho) + 4\% \quad (\rho = 0.90)$$

(Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas)

(Diktat IGM Santosa)

$$V_{LO} = 0.007 \text{ m}^3$$

- **Mesin Bantu (*Generator Set*)**

$$BHP_{ME} = 1789 \text{ kW}$$

$$b_{ME} = 0.5 \text{ g/kWh}$$

$$S = 21 \text{ nm}$$

$$V_S = 40 \text{ Knots}$$

$$c = 1.5 \quad (\text{reserved correction [1.3 ~ 1.5]})$$

$$W_{LO} = BHP_{ME} \times b_{ME} \times (S/V_S) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{LO} = 0.00070 \text{ ton} \quad (\text{untuk 1 buah mesin})$$

$$W_{LO} = 0.00141 \text{ ton} \quad (\text{untuk 2 buah mesin})$$

$$V_{LO} = (W_{DO} / \rho) + 4\% \quad (\rho = 0.90)$$

(Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas)

(Diktat IGM Santosa)

$$V_{LO} = 0.001628 \text{ m}^3$$

- **Konsumsi Air Tawar/Bersih (*Fresh Water*)**

Kebutuhan air tawar/bersih pada kapal penumpang berbeda dengan kapal niaga pada umumnya. Oleh karena itu kebutuhan air setiap orang diasumsikan sebanyak 15 liter per orang dan dijelaskan sebagai berikut.

1. 3720 liter untuk 248 orang (238 penumpang dan 10 kru kapal) dengan asumsi 1 kali perjalanan (Batam – Singapura)
2. 7440 liter untuk 248 orang (238 penumpang dan 10 kru kapal) dengan asumsi 2 kali perjalanan kembali (*return trip*) (Batam – Singapura – Batam)

Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$W_{FW} = C_{FW} \times BHP$$

$$C_{FW} = 2 \text{ kg/HP} \quad (\text{koefisien pemakaian air tawar pendingin mesin}) \\ (2 \sim 5 \text{ kg/HP})$$

$$C_{FW} = 11.226 \text{ ton}$$

$$W_{FW} = 22.452 \text{ ton}$$

Untuk cadangan air tawar, maka berat air tawar ditambah 10%

$$W_{FW} = 24.697 \text{ ton} \\ = 24696.963 \text{ kg}$$

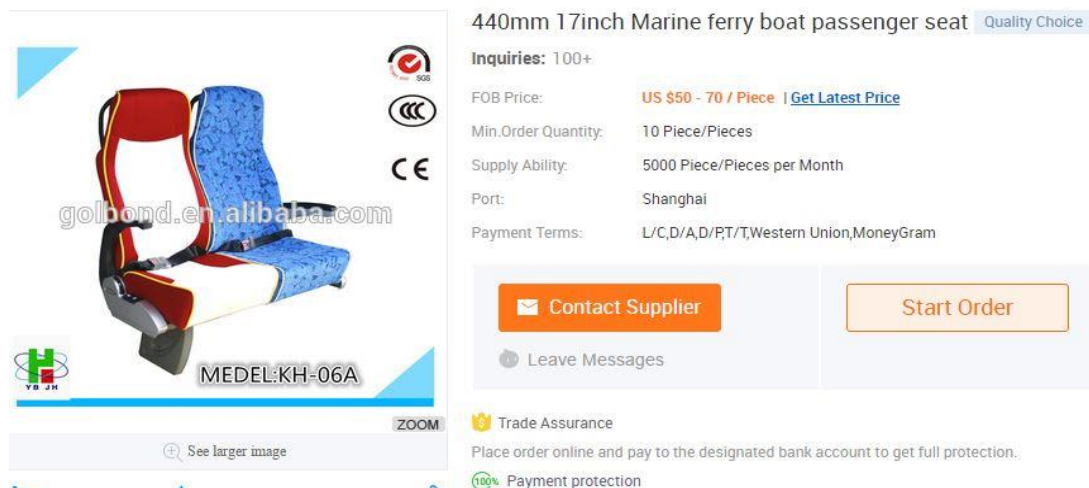
$$\rho_{FW} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$V_{FW} = 25.685 \text{ m}^3$$

IV.4.4. Peralatan dan Perlengkapan Kapal

Di dalam kapal *ferry hydrofoil* ini terdapat beberapa peralatan dan perlengkapan yang akan dijelaskan sebagai berikut.

- Kursi penumpang
 - Jumlah kursi = 238 unit
 - Massa jenis = 600 kg/m^3
 - Panjang = 1.13 m
 - Lebar = 0.45 m
 - Tebal = 0.04 m
 - Volume = 0.02034 m^3
 - Berat kursi = 6 kg
 - Berat total = 1428 kg (238 unit kursi)



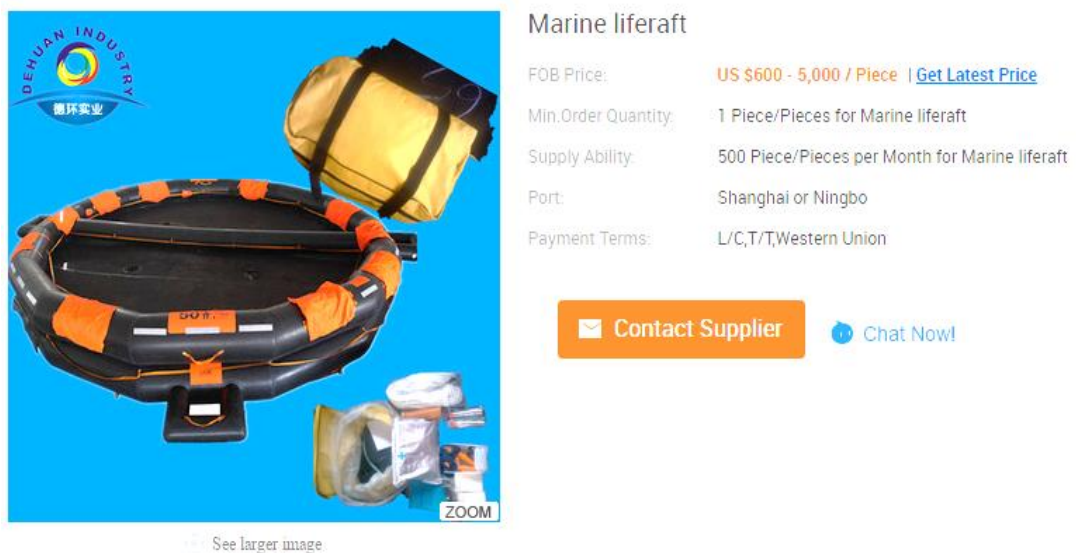
(Sumber: alibaba.com)

Gambar IV. 23 Spesifikasi Kursi Penumpang

- Peralatan keselamatan

- *Life raft*

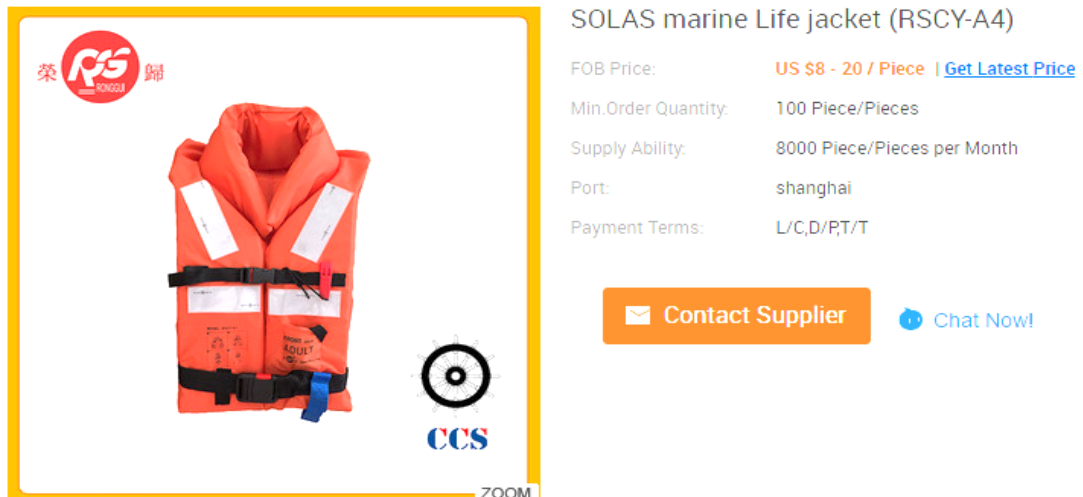
- Jumlah penumpang dan kru = 248 orang
 - Kapasitas angkut 1 *life raft* = 65 orang
 - *Life raft* yang dibutuhkan = 4 buah
 - Total kapasitas *life raft* = 260 orang (4 buah)
 - Berat 1 unit *life raft* = 80 kg
 - Berat total 4 unit *life raft* = 320 kg



(Sumber: alibaba.com)

Gambar IV. 24 Spesifikasi *Life Raft*

- *Life jacket*
 - Jumlah penumpang dan kru = 248 orang
 - *Life jacket* yang dibutuhkan = 250 buah
 - Berat 1 unit *life jacket* = 35 kg
 - Berat total *life jacket* = 8750 kg



(Sumber: alibaba.com)

Gambar IV. 25 Spesifikasi Life Jacket

- Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya
Diasumsikan dengan berat sebesar 750 kg.

IV.4.5. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua macam berat, yaitu *Deadweight Tonnage* (DWT) dan *Lightweight Tonnage* (LWT) di mana perhitungan berat akan dijelaskan sebagai berikut.

- **Perhitungan Berat DWT**

Komponen berat kapal DWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat penumpang dan *crew* kapal serta barang bawaannya, berat bahan bakar mesin utama (fuel oil), berat bahan bakar mesin bantu (diesel oil), berat minyak pelumas mesin utama dan mesin bantu, berat air tawar/bersih, dan berat air *sewage* (kotoran atau pembuangan). Untuk penjelasan komponen berat pada perhitungan berat DWT akan dijelaskan lebih detail pada Tabel IV.5.

Tabel IV. 4 Perhitungan Komponen Berat DWT

| Berat Kapal Bagian DWT | | | |
|------------------------|--|---------------|------------|
| No | Item | Value | Unit |
| 1 | Berat Penumpang dan Barang Bawaan | | |
| | Jumlah penumpang | 238 | persons |
| | Berat penumpang | 80 | kg/person |
| | Berat barang bawaan | 20 | kg/person |
| | Berat total penumpang | 19040 | kg |
| | Berat total barang bawaan penumpang | 4760 | kg |
| | Berat total | 23800 | kg |
| | | 23.800 | ton |
| 2 | Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan | | |
| | Jumlah crew kapal | 10 | persons |
| | Berat crew kapal | 80 | kg/persons |
| | Berat barang bawaan | 20 | kg/persons |
| | Berat total crew kapal | 800 | kg |
| | Berat total barang bawaan crew kapal | 200 | kg |
| | Berat total | 1000 | kg |
| | | 1.000 | ton |
| 3 | Berat Bahan Bakar (<i>Fuel Oil</i>) Mesin Induk | 1.943 | ton |
| 4 | Berat Bahan Bakar (<i>Diesel Oil</i>) Generator Set | 0.292 | ton |
| 5 | Berat Minyak Pelumas (<i>Lubricating Oil</i>) | 0.008 | ton |
| 6 | Berat Air Tawar (<i>Fresh Water</i>) | 32.137 | ton |
| 7 | Berat Air Kotor (<i>Sewage</i>) | 27.137 | ton |
| | | | |
| Total Berat Bagian DWT | | | |
| No | Komponen Berat Kapal Bagian DWT | Value | Unit |
| 1 | Berat Penumpang dan Barang Bawaan | 23.800 | ton |
| 2 | Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan | 1.000 | ton |
| 3 | Berat Bahan Bakar (<i>Fuel Oil</i>) Mesin Induk | 1.943 | ton |
| 4 | Berat Bahan Bakar (<i>Diesel Oil</i>) Generator Set | 0.292 | ton |
| 5 | Berat Minyak Pelumas (<i>Lubricating Oil</i>) | 0.008 | ton |
| 6 | Berat Air Tawar (<i>Fresh Water</i>) | 32.137 | ton |
| 7 | Berat Air Kotor (<i>Sewage</i>) | 27.137 | ton |
| Total | | 86.317 | ton |

- **Perhitungan Berat LWT**

Komponen berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat aluminium kapal (lambung, geladak, atap, bangunan atas, dan konstruksi kapal), berat *railing* dan tiang penyangga, berat peralatan dan perlengkapan, berat permesinan, dan berat sistem propulsi kapal yang digunakan. Untuk penjelasan lebih detail mengenai komponen berat LWT kapal ini akan dijelaskan pada Tabel IV.6.

Tabel IV. 5 Perhitungan Komponen Berat LWT

| Berat Kapal Bagian LWT | | | |
|------------------------|--|------------------|----------------------|
| No | Item | Value | Unit |
| 1 | Berat Lambung (<i>hull</i>) Kapal | | |
| | <i>Dari software Maxsurf Modeler Advanced & AutoCAD, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i> | | |
| | Luas lambung kapal | 502247000 | mm ² |
| | | 502.247 | m ² |
| | Luas transom kapal | 19113000 | mm ² |
| | | 19.113 | m ² |
| | Total luasan lambung kapal | 521.360 | m² |
| | Tebal pelat lambung kapal | 9 | mm |
| | | 0.009 | m |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 4.692 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 12669.048 | kg |
| | | 12.669 | ton |
| 2 | Berat Geladak (<i>deck</i>) Kapal | | |
| | <i>Dari software Maxsurf Modeler Advanced, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i> | | |
| | Luasan <i>main deck</i> kapal | 364673000 | mm ² |
| | | 364.673 | m ² |
| | Luasan <i>upper deck</i> kapal | 240130000 | mm ² |
| | | 240.130 | m ² |
| | Luas <i>forecastle deck</i> kapal | 33836000 | mm ² |
| | | 33.836 | m ² |
| | Total luasan geladak kapal | 638.639 | m² |
| | Tebal pelat geladak kapal | 6 | mm |
| | | 0.006 | m |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 3.832 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 10345.952 | kg |
| | | 10.346 | ton |

| | | | |
|---|--|---------------|--------------------|
| 3 | Berat Konstruksi Lambung Kapal | | |
| | <i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% ~ 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i> | | |
| | Berat aluminium lambung + geladak kapal | 23.015 | ton |
| | 25% dari berat aluminium kapal | 5.754 | ton |
| | Berat Konstruksi Total | 28.769 | ton |
| 4 | Berat Bangunan Atas Kapal | | |
| | Luas permukaan dinding di <i>Main Deck</i> | 327419000 | mm ² |
| | Luas permukaan dinding di <i>Upper Deck</i> | 175415000 | mm ² |
| | Luas permukaan dinding di <i>Forecastle Deck</i> | 26329000 | mm ² |
| | Luasan permukaan total | 529.163 | m ² |
| | Tebal pelat aluminium | 6 | mm |
| | Berat jenis aluminium | 2700 | kg/m ³ |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 3.175 | m ³ |
| | Total Berat Bangunan Atas Kapal | 8.572 | ton |
| | <i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% ~ 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i> | | |
| | 25% dari berat aluminium bangunan atas kapal | 2.143 | ton |
| | Berat Total | 10.716 | ton |
| 5 | Berat Railing | | |
| | <i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan rencana umum.</i> | | |
| | <i>Material railing menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm.</i> | | |
| | Panjang Railing | 28.000 | m |
| | Diameter pipa | 0.050 | m |
| | Tebal pipa | 5.000 | mm |
| | | 0.005 | m |
| | Luas permukaan railing | 4.398 | m ² |
| | Volume railing = luas x tebal | 0.022 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 59.376 | kg |
| | | 0.059 | ton |
| 6 | Berat Tiang Penyangga | | |
| | <i>Panjang tiang penyangga didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan rencana umum.</i> | | |
| | <i>Material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm.</i> | | |
| | Tinggi tiang | 2.000 | m |
| | Jumlah tiang | 35 | |
| | Diameter pipa | 0.050 | m |
| | Tebal pipa | 0.003 | m |
| | Luas permukaan tiang | 10.996 | m ² |

| | | | |
|----------|--|-----------------|--------------------|
| | Volume tiang | 0.033 | |
| | <i>r</i> aluminium | 2.70 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 89 | kg |
| | | 0.089 | ton |
| 7 | <i>Equipment & Outfitting</i> | | |
| | Berat kursi penumpang | 6 | kg |
| | Jumlah kursi penumpang | 238 | kursi |
| | Berat total kursi | 1428 | kg |
| | Peralatan navigasi | 750 | kg |
| | <i>Life Raft</i> | 320 | kg |
| | <i>Life Jacket</i> | 8750 | kg |
| | Kursi nahkoda | 120 | kg |
| | Perlengkapan kamar mandi (<i>washtafel, closet, dll</i>) | 160 | kg |
| | Perlengkapan kafetaria (kulkas, kompor, kursi, dll) | 200 | kg |
| | Pintu | 2000 | kg |
| | Pipa dan sistem kelistrikan kapal | 2500 | kg |
| | <i>Windlass</i> | 3000 | kg |
| | Berat Total | 19472 | kg |
| | | 19.472 | ton |
| 8 | Berat Atap Kapal | | |
| | <i>Material atap menggunakan pelat aluminium dengan tebal 6 mm</i> | | |
| | <i>Luasan atap didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i> | | |
| | Luas atap kapal | 155836000 | mm ² |
| | | 155.836 | m ² |
| | Tebal pelat | 6 | mm |
| | | 0.006 | m |
| | Volume atap = luas x tebal | 0.935 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 2524.543 | kg |
| | | 2.525 | ton |
| 9 | Berat Kaca | | |
| | <i>Luasan kaca didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i> | | |
| | Luas kaca | 137894932 | mm ² |
| | | 137.895 | m ² |
| | Tebal kaca | 5.000 | mm |
| | | 0.005 | m |
| | Volume kaca = luas x tebal | 0.689 | m ³ |
| | <i>r</i> kaca | 2.58 | gr/cm ³ |
| | | 2580 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 1778.845 | kg |
| | | 1.779 | ton |

| | | | |
|-----------|--|---------------|------------|
| 10 | Generator | | |
| | <i>Diambil dari katalog CAT 3512E</i> | | |
| | Berat | 8176 | kg/unit |
| | Jumlah | 2 | unit |
| | Berat Total | 16352 | kg |
| | | 16.352 | ton |
| 11 | Berat Main Engine | | |
| | <i>Diambil dari katalog General Electric - GE Aviation Datasheet (LM500 - The 4.5 MW Engine)</i> | | |
| | Jumlah Main Engine | 2 | unit |
| | Berat Main Engine | 905 | kg/unit |
| | Berat Total | 1810 | kg |
| | | 1.810 | ton |
| 11 | Berat Waterjet | | |
| | <i>Diambil dari katalog Rolls-Royce S3 - Series (S3-56)</i> | | |
| | Jumlah Waterjet | 2 | unit |
| | Berat Waterjet | 3290 | kg/unit |
| | Berat Total | 6580 | kg |
| | | 6.580 | ton |

Tabel IV. 6 Rekapitulasi Komponen Berat LWT

| Total Berat Bagian LWT | | | |
|-------------------------------|--|---------------|-------------|
| No | Komponen Berat Kapal Bagian LWT | Value | Unit |
| 1 | Berat Lambung (<i>hull</i>) Kapal | 12.669 | ton |
| 2 | Berat Geladak (<i>deck</i>) Kapal | 10.346 | ton |
| 3 | Berat Konstruksi Lambung Kapal | 5.754 | ton |
| 4 | Berat Bangunan Atas Kapal | 10.72 | ton |
| 5 | Berat <i>Railing</i> | 0.059 | ton |
| 6 | Berat Tiang Penyangga | 0.089 | ton |
| 7 | <i>Equipment & Outfitting</i> | 19.472 | ton |
| 8 | Berat Atap Kapal | 2.525 | ton |
| 9 | Berat Kaca | 1.779 | ton |
| 10 | Berat <i>Main Engine</i> | 1.810 | ton |
| 11 | Berat <i>Generator Set</i> (Genset) | 16.352 | ton |
| 12 | Berat <i>Waterjet</i> | 6.580 | ton |
| Total | | 88.150 | ton |

Tabel IV. 7 Rekapitulasi Komponen Berat DWT dan LWT

| Total Berat Kapal (DWT + LWT) | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| No | Komponen Berat Kapal | Value | Unit |
| 1 | Berat Kapal Bagian DWT | 86.317 | ton |
| 2 | Berat Kapal Bagian LWT | 88.150 | ton |
| Total | | 174.467 | ton |

Tabel IV.8 merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan komponen berat DWT dan LWT. Untuk perhitungan yang lebih detail mengenai perhitungan berat kapal dapat dilihat pada Lampiran A: Perhitungan Teknis Desain *Ferry Hydrofoil* yang terdapat pada bagian belakang laporan ini.

IV.4.6. Perhitungan Displasemen Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*Deadweight Tonnage*) dan komponen LWT (*Lightweight Tonnage*). Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan margin berat kapal sebesar 2.20% di mana margin maksimal berat kapal yang diizinkan adalah 10%, sehingga perhitungan berat kapal diterima. Tabel IV.9 merupakan pemeriksaan displasemen kapal.

Tabel IV. 8 Pemeriksaan Displasemen Kapal

| Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes | | | |
|---|----------------------------------|---------|------------|
| No | Komponen Berat Kapal | Value | Unit |
| 1 | Displacement = Pemodelan Maxsurf | 178.3 | ton |
| 2 | DWT | 86.317 | ton |
| 3 | LWT | 88.150 | ton |
| 4 | Displacement = DWT + LWT | 174.467 | ton |
| Selisih | | 3.833 | ton |
| | | 2.20% | (2% ~ 10%) |

IV.4.7. Perhitungan Dimensi *Foil* dan *Strut*

Pemilihan jenis *foil* yang akan digunakan berdasarkan dari penjelasan pada sub-bab II.2.2 yaitu penelitian Tugas Akhir sebelumnya yang dilakukan oleh beberapa mahasiswa (Wonggiawan, 2014) dan (Hidayat, 2016). Jenis atau tipe *foil* yang digunakan pada bagian depan dan belakang adalah NACA 64_A-212 atau NACA 64_I-212 sedangkan untuk *strut* bagian depan dan belakang menggunakan tipe NACA 0015.

Pada Tabel IV.9 merupakan nilai *lift coefficient* (C_L) dan *drag coefficient* (C_D) dari NACA 64_I-212 dengan beberapa variasi sudut serang (*angle of attack*) yang diperoleh dari referensi (Abbott & von Doenhoff, 1949). Untuk NACA 0015 di mana yang digunakan sebagai *strut* tidak diambil nilai C_L dan C_D karena tidak membutuhkan variasi sudut serang dan gaya angkat karena peletakannya yang bukan sebagai fungsi dapat mengangkat badan kapal.

Tabel IV. 9 Nilai C_L dan C_D NACA 64₁-212

(Abbott & von Doenhoff, 1949)

| No. | α | C_L | C_D | C_L / C_D |
|-----|----------|-------|---------|-------------|
| 1 | 0° | 0.1 | 0.004 | 25 |
| 2 | 2° | 0.35 | 0.0045 | 77.77778 |
| 3 | 4° | 0.55 | 0.0075 | 73.33333 |
| 4 | 6° | 0.8 | 0.0095 | 84.21053 |
| 5 | 8° | 1 | 0.011 | 90.90909 |
| 6 | 10° | 1.2 | 0.0145 | 82.75862 |
| 7 | 12° | 1.35 | 0.019 | 71.05263 |
| 8 | 14° | 1.55 | 0.02 | 77.5 |
| 9 | 16° | 1.525 | 0.01975 | 77.21519 |
| 10 | 18° | 1.3 | 0.016 | 81.25 |
| 11 | 20° | 0.9 | 0.01 | 90 |

Setelah didapat nilai C_L dan C_D pada NACA 64₁-212 kemudian dihitung nilai *lift force* dan *drag force* untuk mengetahui nilai pada tiap sudut serang berapa dapat mengangkat badan kapal seutuhnya. Berikut merupakan perhitungan dari tiap sudut serang.

Data yang dibutuhkan adalah:

| | | | | | |
|----------------------------|---------|------|-------------|--|--------------------|
| Lebar Kapal = | 8.7 | m | $\rho =$ | 1025 | kg/m ³ |
| $V_{\text{takeoff (1)}} =$ | 28 | Knot | $=$ | 1.025 | ton/m ³ |
| $=$ | 14.4032 | m/s | $Lift =$ | $\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C_L$ | |
| $V_{\text{takeoff (2)}} =$ | 30 | Knot | $Drag =$ | $\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C_D$ | |
| $=$ | 15.432 | m/s | Berat Kapal | 178.3 | ton |
| $V_{\text{service}} =$ | 40 | Knot | $=$ | 1776.584121 | kN |
| $=$ | 20.576 | m/s | $=$ | 1776584.121 | N |
| $V_{\text{max}} =$ | 45 | Knot | | | |
| $=$ | 23.148 | m/s | | | |

Jarak *foil* depan dan belakang = 27.6505755 m

Jarak *foil* depan ke LCG = 13.5069235 m

Jarak *foil* belakang ke LCG = 14.144012 m

LCG dari AP = 19.478 m

LCG dari *midship* = 1.728 m

- Penentuan *Foil* Bagian Belakang

Berat bagian belakang kapal = 92.42 ton

$$= 920.874 \text{ kN}$$

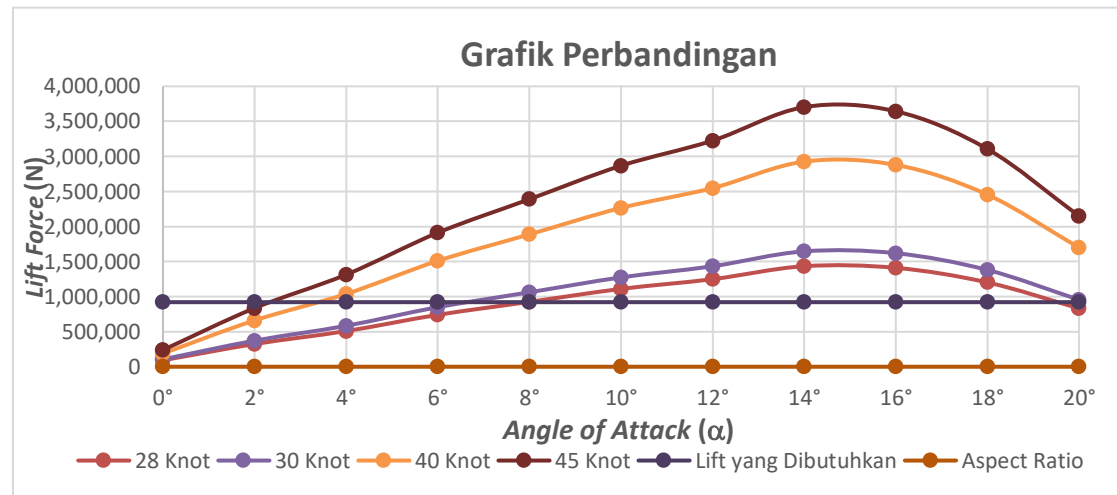
$$= 920874.394 \text{ N}$$

Maka nilai *lift* yang dibutuhkan kapal adalah sebesar **920874.394 kN**.

Pada Tabel IV.10 merupakan rekapitulasi nilai *lift force foil* bagian belakang yang dihasilkan pada tiap sudut serang dengan beberapa variasi kecepatan.

Tabel IV. 10 Nilai *Lift Force* pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan

| No | α (deg) | C_L | Chord (m) | Span (m) | Aspect Ratio | Lift Kebutuhan | Lift (28 Knot) | Lift (30 Knot) | Lift (40 Knot) | Lift (45 Knot) |
|----|----------------|-------|-----------|----------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0° | 0.1 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 106,372.40 | 122,111.17 | 217,086.52 | 274,750.13 |
| 2 | 2° | 0.35 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 372,303.39 | 427,389.09 | 759,802.83 | 961,625.46 |
| 3 | 4° | 0.55 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 585,048.18 | 671,611.43 | 1,193,975.88 | 1,511,125.73 |
| 4 | 6° | 0.8 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 850,979.17 | 976,889.36 | 1,736,692.19 | 2,198,001.06 |
| 5 | 8° | 1 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,063,723.97 | 1,221,111.70 | 2,170,865.24 | 2,747,501.32 |
| 6 | 10° | 1.2 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,276,468.76 | 1,465,334.04 | 2,605,038.29 | 3,297,001.59 |
| 7 | 12° | 1.35 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,436,027.36 | 1,648,500.79 | 2,930,668.08 | 3,709,126.78 |
| 8 | 14° | 1.55 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,648,772.15 | 1,892,723.13 | 3,364,841.13 | 4,258,627.05 |
| 9 | 16° | 1.525 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,622,179.05 | 1,862,195.34 | 3,310,569.49 | 4,189,939.52 |
| 10 | 18° | 1.3 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,382,841.16 | 1,587,445.21 | 2,822,124.81 | 3,571,751.72 |
| 11 | 20° | 0.9 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 957,351.57 | 1,099,000.53 | 1,953,778.72 | 2,472,751.19 |



Gambar IV. 26 Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dan Nilai *Lift* yang Dihasilkan

Tabel IV. 11 Nilai *Drag Force* pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan

| No | α (deg) | C_D | Chord (m) | Span (m) | Drag (28 Knot) | Drag (30 Knot) | Drag (40 Knot) | Drag (45 Knot) |
|----|----------------|---------|-----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0° | 0.004 | 1.15 | 8.7 | 4,254.90 | 4,884.45 | 8,683.46 | 10,990.01 |
| 2 | 2° | 0.0045 | 1.15 | 8.7 | 4,786.76 | 5,495.00 | 9,768.89 | 12,363.76 |
| 3 | 4° | 0.0075 | 1.15 | 8.7 | 7,977.93 | 9,158.34 | 16,281.49 | 20,606.26 |
| 4 | 6° | 0.0095 | 1.15 | 8.7 | 10,105.38 | 11,600.56 | 20,623.22 | 26,101.26 |
| 5 | 8° | 0.011 | 1.15 | 8.7 | 11,700.96 | 13,432.23 | 23,879.52 | 30,222.51 |
| 6 | 10° | 0.0145 | 1.15 | 8.7 | 15,424.00 | 17,706.12 | 31,477.55 | 39,838.77 |
| 7 | 12° | 0.019 | 1.15 | 8.7 | 20,210.76 | 23,201.12 | 41,246.44 | 52,202.53 |
| 8 | 14° | 0.02 | 1.15 | 8.7 | 21,274.48 | 24,422.23 | 43,417.30 | 54,950.03 |
| 9 | 16° | 0.01975 | 1.15 | 8.7 | 21,008.55 | 24,116.96 | 42,874.59 | 54,263.15 |
| 10 | 18° | 0.016 | 1.15 | 8.7 | 17,019.58 | 19,537.79 | 34,733.84 | 43,960.02 |
| 11 | 20° | 0.01 | 1.15 | 8.7 | 10,637.24 | 12,211.12 | 21,708.65 | 27,475.01 |

Tabel IV.11 merupakan rekapitulasi nilai *drag force* yang dihasilkan pada tiap sudut serang dengan beberapa variasi kecepatan. Nilai *drag force* merupakan nilai hambatan kapal setelah kapal berada pada fase terangkat penuh yang ditopang oleh *foil* dan lambung kapal sudah tidak ada pengaruh dari gaya hidrostatis melainkan gaya hidrodinamik yang mengangkat badan (lambung) kapal.

Setelah dilakukan perhitungan maka ukuran panjang *span* dan *chord* pada *foil* bagian belakang adalah:

| | |
|-------------------------------|------------------|
| – <i>Span</i> | = 8.7 m |
| – <i>Chord</i> | = 1.15 m |
| – <i>Aspect Ratio</i> | = 7.565217391 |
| – <i>Lift</i> yang dibutuhkan | = 920,874.394 N |
| – <i>Lift</i> yang dihasilkan | = 1,063,723.97 N |
| – Kecepatan | = 28 Knot |
| – Sudut serang | = 8° |

- Penentuan *Foil* Bagian Depan

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bagian depan kapal} &= 86.37 \text{ ton} \\
 &= 860.592 \text{ kN} \\
 &= 860592.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka nilai *lift* yang dibutuhkan kapal adalah sebesar **860592.1 kN**.

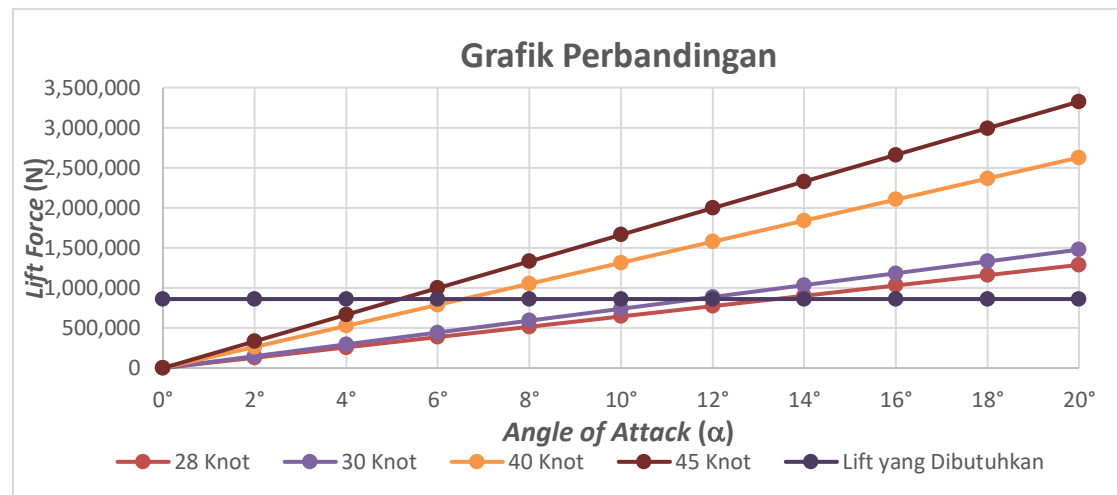
Pada *foil* bagian depan terdapat perbedaan dari nilai C_L bagian belakang (*foil* 2 Dimensi) karena *foil* bagian depan merupakan *foil* dengan model 3 Dimensi di mana yang berlaku merupakan *wing theory* dan *foil* dianggap memiliki batas (*finite wing span*). Contoh nilai C_L pada *foil* dengan model 3 Dimensi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 C_{L_{3D}} &= C_{L_{2D}} \times \left(\frac{AR}{AR+2} \right) \times \alpha \\
 C_{L_{3D}} &= 2 \times 3.14 \times \left(\frac{\frac{6.5}{1.15}}{\frac{6.5}{1.15}+2} \right) \times 0.140 \quad (\text{pada } \alpha = 8^\circ \text{ dan } V = 28 \text{ knot}) \\
 C_{L_{3D}} &= 0.6480046
 \end{aligned}$$

Pada Tabel IV.12 merupakan rekapitulasi nilai *lift force foil* bagian depan yang dihasilkan pada tiap sudut serang dengan beberapa variasi kecepatan.

Tabel IV. 12 Nilai *Lift Force* pada Tiap Sudut Serang dengan Variasi Kecepatan

| No | α (deg) | α (rad) | $C_{L(3D)}$ | Chord (m) | Span (m) | Aspect Ratio | Lift Kebutuhan | Lift (28 Knot) | Lift (30 Knot) | Lift (40 Knot) | Lift (45 Knot) |
|----|----------------|----------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0° | 0.000 | 0 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2° | 0.035 | 0.162001152 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 128,748.20 | 147,797.67 | 262,751.42 | 332,544.77 |
| 3 | 4° | 0.070 | 0.324002304 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 257,496.39 | 295,595.35 | 525,502.84 | 665,089.53 |
| 4 | 6° | 0.105 | 0.486003455 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 386,244.59 | 443,393.02 | 788,254.26 | 997,634.30 |
| 5 | 8° | 0.140 | 0.648004607 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 514,992.78 | 591,190.69 | 1,051,005.68 | 1,330,179.06 |
| 6 | 10° | 0.175 | 0.810005759 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 643,740.98 | 738,988.37 | 1,313,757.10 | 1,662,723.83 |
| 7 | 12° | 0.209 | 0.972006911 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 772,489.17 | 886,786.04 | 1,576,508.52 | 1,995,268.59 |
| 8 | 14° | 0.244 | 1.134008063 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 901,237.37 | 1,034,583.72 | 1,839,259.94 | 2,327,813.36 |
| 9 | 16° | 0.279 | 1.296009214 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,029,985.57 | 1,182,381.39 | 2,102,011.36 | 2,660,358.13 |
| 10 | 18° | 0.314 | 1.458010366 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,158,733.76 | 1,330,179.06 | 2,364,762.78 | 2,992,902.89 |
| 11 | 20° | 0.349 | 1.620011518 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,287,481.96 | 1,477,976.74 | 2,627,514.20 | 3,325,447.66 |



Gambar IV. 27 Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dan Nilai *Lift* yang Dihasilkan

Setelah dilakukan perhitungan maka ukuran panjang *span* dan *chord* pada *foil* bagian depan adalah:

- *Span* = 6.5 m
- *Chord* = 1.15 m
- *Aspect Ratio* = 5.652
- *Lift* yang dibutuhkan = 860,592.1 N
- *Lift* yang dihasilkan = 1,051,005.68 N
- Kecepatan = 28 Knot
- Sudut serang = 8°

Untuk penentuan dimensi *strut* dibagi menjadi 3 jenis, yaitu *strut* bagian belakang tengah, bagian belakang luar dan bagian depan kapal berdasarkan dari desain kapal yang ada yang ditinjau dari segi panjang kapal, sarat kapal, dan kedalaman air laut (pelabuhan). Berikut merupakan ukuran *strut* yang dipasang pada kapal.

- Penentuan *Strut* Bagian Belakang Tengah

- *Span* = 4.025 m
- *Chord* = 2.5 m
- *Aspect Ratio* = 1.61

- Penentuan *Strut* Bagian Belakang Luar

- *Span* = 7.2 m
- *Chord* = 1.15 m
- *Aspect Ratio* = 6.208

- Penentuan *Strut* Bagian Depan

- *Span* = 5 m
- *Chord* = 1.15 m
- *Aspect Ratio* = 4.348

Dengan itu ukuran dimensi *foil* dan *strut* pada bagian depan dan belakang kapal sudah didapat dari perhitungan yang dilakukan dan dapat dilihat pada rekapitulasi yang terdapat pada Tabel dibawah ini.

Tabel IV. 13 Rekapitulasi Ukuran Dimensi *Foil* dan *Strut* Kapal

| Dimensi <i>Foil</i> dan <i>Strut</i> Kapal | | | | | |
|--|--------|---|----------------------------|--------|---|
| Dimensi <i>Foil</i> Belakang | | | Dimensi <i>Foil</i> Depan | | |
| <i>Span</i> = | 8.7 | m | <i>Span</i> = | 6.5 | m |
| <i>Chord</i> = | 1.15 | m | <i>Chord</i> = | 1.15 | m |
| <i>Aspect Ratio</i> = | 7.5652 | | <i>Aspect Ratio</i> = | 5.6522 | |
| Dimensi <i>Strut</i> Belakang Luar | | | Dimensi <i>Strut</i> Depan | | |
| <i>Span</i> = | 7.2 | m | <i>Span</i> = | 5 | m |
| <i>Chord</i> = | 1.15 | m | <i>Chord</i> = | 1.15 | m |
| <i>Aspect Ratio</i> = | 6.208 | | <i>Aspect Ratio</i> = | 4.348 | |
| Dimensi <i>Strut</i> Belakang Tengah | | | | | |
| <i>Span</i> = | 4.025 | m | | | |
| <i>Chord</i> = | 2.5 | m | | | |
| <i>Aspect Ratio</i> = | 1.61 | | | | |

IV.4.8. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Untuk perhitungan *Freeboard*, semua rumus yang diberikan mengacu pada “*International Convention of Load Lines 1966, Chapter 3*”. Hasil yang didapatkan adalah tinggi minimum *freeboard* yang diizinkan sehingga kapal bisa berlayar dengan rute pelayaran internasional. Berdasarkan *load lines* batasan *freeboard* adalah *actual freeboard* \geq *minimum freeboard* dimana:

- *Actual freeboard* merupakan tinggi *freeboard* yang sebenarnya ($H - T$)
- Sedangkan *freeboard* minimum adalah hasil perhitungan menurut ICLL 1966 beserta koreksinya.

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Actual Freeboard} &= H - T \\
 &= 2.5 - 1.63 \text{ m} \\
 &= 0.87 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana lambung timbul yang disyaratkan adalah sebesar 0.094 m.

Tabel IV. 14 Rekapitulasi Perhitungan Lambung Timbul

| Komponen Koreksi | Keterangan | Nilai <i>Freeboard</i> | Satuan |
|---------------------------------------|------------|------------------------|--------|
| <i>Freeboard Standard</i> | F_{B1} | 0.346 | m |
| F_B Koreksi C_B | F_{B2} | 0 | m |
| F_B Koreksi <i>Depth</i> | F_{B3} | 0.3599 | m |
| F_B <i>Deduction</i> | F_{B4} | 0.262 | m |
| Total <i>Freeboard</i> Minimum | F_B' | 0.094 | m |

IV.4.9. Perhitungan *Trim* Kapal

Perhitungan *trim* dilakukan berdasarkan SOLAS Reg. II-1/5-1 Part B-1. Dalam aturan tersebut, untuk melakukan pemeriksaan sarat dan *trim* kapal tidak boleh lebih dari $\pm 0.5\% \cdot L_{WL}$. Kemudian perhitungan *trim* kapal didapatkan dari *Software Stability Analysis* lambung kapal.

Kemudian perhitungan *trim* kapal didapatkan dari *Software Stability Analysis* lambung kapal.

$$\begin{aligned}\text{Batasan trim} &= \pm 0.5\% \cdot L_{WL} \\ &= \pm 0.5\% \cdot 35.5 \\ &= \pm 0.1775\end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan *trim* menurut *Software Stability Analysis* lambung kapal.

Tabel IV. 15 Rekapitulasi Perhitungan *Trim*


| Perhitungan <i>Trim</i> Menurut <i>Maxsurf Stability Advanced</i> | | | | | |
|---|---|--------|---|---------------------|----------------|
| <i>Trim</i> kondisi 100% penumpang | | | | Kondisi <i>trim</i> | Kondisi Syarat |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.224 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.120 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | -0.067 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| <i>Trim</i> kondisi 70% penumpang | | | | Kondisi <i>trim</i> | Kondisi Syarat |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.206 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.089 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | -0.021 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| <i>Trim</i> kondisi 30% penumpang | | | | Kondisi <i>trim</i> | Kondisi Syarat |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.182 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.047 | m | Trim Haluan | <i>Passed</i> |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | 0.048 | m | Trim Buritan | <i>Passed</i> |

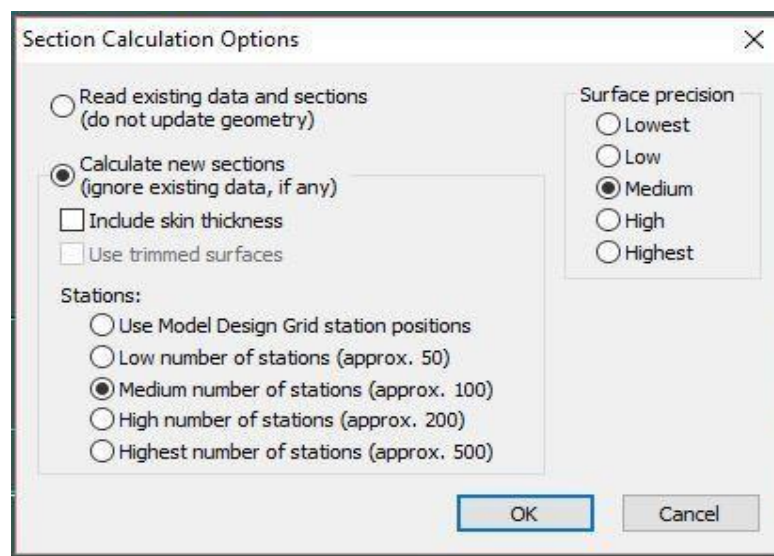
Kondisi *trim* kapal pada semua *loadcase* telah **memenuhi** kriteria dari SOLAS Reg. II – 1/5-1 Part B-1 yaitu *trim* kapal tidak melebihi nilai $\pm 0.5\% \cdot L_{WL}$ sebesar 0.1775.

IV.4.10. Perhitungan Stabilitas Kapal

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi *standard* keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Pada pengerjaan Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas kapal dilakukan dengan bantuan *software Stability Analysis* lambung kapal. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah *Intact Stability* (IS Code) 2008 dan karena *Ferry Hydrofoil* ini merupakan kapal cepat, maka ada penambahan kriteria dari *High – Speed Craft* (HSC Code) 2000.

Tahapan dari pengerjaan stabilitas *Ferry Hydrofoil* adalah sebagai berikut.

1. Pertama dimulai dengan membuka *software Design Modeler* lambung kapal, klik *file – open* atau klik ikon  dan buka *file* hasil pemodelan lambung kapal *hydrofoil* yang telah dilakukan sebelumnya di *software Design Modeler* lambung kapal. Pada kotak dialog *Section Calculation Options* pilih *Calculate new sections (ignore existing data, if any)*, karena analisis pada *file* ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Pada pilihan *Stations* pilih *medium number of stations (approx. 100)* dan pilih *medium* pada jenis *Surface precision*.



Gambar IV. 28 Kotak Dialog Section Calculation Options

2. Setelah *file* model lambung kapal terbuka, maka dilanjutkan dengan memasukan desain tangki – tangki yang sudah dibuat pada saat perencanaan tangki. Pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah penentuan massa jenis muatan. Pada *software Stability Analysis* lambung kapal terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang berdasarkan massa jenis dari tiap – tiap muatan tangki tersebut. Sebagai contoh massa jenis air tawar adalah 1 ton/m^3 dan massa jenis solar adalah 0.84 ton/m^3 .

| | Name | Type | Intact Perm. % | Damaged Perm. % | Specific gravity | Fluid type | Boundary Surfaces |
|----|--------------------------|------|----------------|-----------------|------------------|-------------|-------------------|
| 1 | Fuel Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.9443 | Fuel Oil | none |
| 2 | Diesel Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.84 | Diesel | none |
| 3 | Lubrication Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.92 | Lube Oil | none |
| 4 | Sewage Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 1 | Fresh Water | none |
| 5 | Fresh Water Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 1 | Fresh Water | none |
| 6 | Fuel Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.9443 | Fuel Oil | none |
| 7 | Diesel Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.84 | Diesel | none |
| 8 | Lubrication Oil Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 0.92 | Lube Oil | none |
| 9 | Sewage Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 1 | Fresh Water | none |
| 10 | Fresh Water Tank (P) | Tank | 100 | 100 | 1 | Fresh Water | none |

Gambar IV. 29 Perencanaan Tangki – tangki pada Kapal

| Aft m | Fore m | F.Port m | F.Stbd. m | F.Top m | F.Bott. m | A.Port m | A.Stbd. m | A.Top m | A.Bott. m | Formed |
|-------|--------|----------|-----------|---------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|--------|
| 9 | 12 | -2.997 | -0.997 | 1.2 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 12 | 13.2 | -2.997 | -0.997 | 1 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 13.2 | 14.4 | -2.997 | -0.997 | 1 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 14.4 | 18.6 | -2.997 | -0.997 | 2.5 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 18.6 | 24 | -2.997 | -0.997 | 2.5 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 9 | 12 | 0.997 | 2.997 | 1.2 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 12 | 13.2 | 0.997 | 2.997 | 1 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 13.2 | 14.4 | 0.997 | 2.997 | 1 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 14.4 | 18.6 | 0.997 | 2.997 | 2.5 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |
| 18.6 | 24 | 0.997 | 2.997 | 2.5 | 0 | DITTO | DITTO | DITTO | DITTO | Yes |

Gambar IV. 30 Peletakan Perencanaan Tangki Kapal

- Setelah perencanaan tangki selesai, maka dilakukan input data berat kapal yang lainnya. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini data berat kapal yang dimasukkan adalah LWT yaitu berat kapal kosong. Serta data yang diperlukan lainnya adalah LCG kapal yang didapatkan dari perhitungan stabilitas.
- Selanjutnya adalah pemilihan kriteria stabilitas untuk kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini kriteria yang digunakan adalah *Intact Stability* (IS Code) 2008 Reg. III/3.1 dan *High – Speed Craft* (HSC Code) 2000.
- Perencanaan kondisi pemuatan (*loadcase*). Hal ini dilakukan karena pada kondisi nyata nantinya, kapal akan memiliki banyak variasi kondisi seperti kondisi setengah muatan, kondisi muatan kosong dan lainnya. Maka pada pengerjaan Tugas Akhir ini kondisi yang direncanakan adalah dengan menggunakan 9 kondisi yaitu kondisi pada saat muatan penumpang 100% yaitu kondisi dimana target penumpang disaat yang bersamaan terpenuhi (*on board*), 70% yaitu pada saat penumpang tidak terlalu ramai (didapatkan dari hasil wawancara dengan pekerja di perusahaan *ferry existing* di Batam), dan 30% yaitu pada saat kondisi penumpang hampir sepi. Masing – masing 3 kondisi tersebut diklasifikasikan lagi dengan muatannya yaitu *fresh water* (FW), yakni dalam kondisi FW 100% (penuh), 50% (setengah terisi), dan 10% (hampir kosong).

6. Langkah terakhir dari proses perhitungan stabilitas dengan *software Stability Analysis* lambung kapal ini adalah menganalisis stabilitas dan melihat hasilnya.

Stabilitas adalah kriteria yang harus dipenuhi pada proses desain kapal untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada beberapa kriteria kondisi pemuatan (*loadcase*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal yang mengacu pada *IMO A.749 (18) Chapter 3*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Luas (A) dibawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 30 derajat tidak kurang dari 3.1513 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
2. Luas (A) dibawah kurva GZ sampai sudut 40 derajat atau *downflooding* θ_f , jika sudut ini kurang dari 40 derajat, tidak boleh kurang dari 5.1566 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
3. Luas dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut *downflooding* θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 1.7189 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
5. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)

Setelah dilakukan analisis stabilitas menggunakan *software Stability Analysis* lambung kapal maka dilakukan pemeriksaan kondisi stabilitas. Semua kondisi stabilitas berdasarkan kriteria diatas harus dipenuhi. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini semua kondisi *loadcase* kapal harus diperiksa dan hasilnya harus memenuhi kriteria.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil pemeriksaan dari tiap kondisi *loadcase* pada Tabel IV.16 dengan kriteria stabilitas berdasarkan IS Code 2008.

Tabel IV. 16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas *Ferry Hydrofoil* (IS Code)

| Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|---------|
| No | Kriteria | Kondisi Loadcase Saat Consumable | | | | | | | | | Satuan | Kondisi |
| | | Penumpang 30% | | | Penumpang 70% | | | Penumpang 100% | | | | |
| | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | | |
| | | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | | |
| 1 | Area 0 to 30 (≥3.1513) | 16.902 | 19.686 | 21.362 | 13.414 | 16.671 | 18.802 | 11.023 | 14.547 | 16.959 | m.deg | Passed |
| 2 | Area 0 to 40 (≥5.1566) | 30.261 | 33.747 | 35.759 | 25.111 | 29.359 | 32.092 | 21.584 | 26.274 | 29.456 | m.deg | Passed |
| 3 | Area 30 to 40 (≥1.7189) | 13.359 | 14.061 | 14.397 | 11.697 | 12.688 | 13.289 | 10.561 | 11.728 | 12.498 | m.deg | Passed |
| 4 | Max GZ at 30 or greater (≥0.2) | 1.900 | 2.034 | 2.056 | 1.744 | 1.889 | 1.927 | 1.635 | 1.786 | 1.833 | m | Passed |
| 5 | θGZmax ≥ 25° | 59.1 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | deg | Passed |
| 6 | GM ≥ 0.15 | 2.128 | 3.134 | 3.601 | 2.608 | 3.134 | 3.595 | 2.617 | 3.139 | 3.712 | m | Passed |
| 7 | Passenger Crowding (≤10°) (angle of equilibrium) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 2.8 | deg | Passed |
| 8 | Turn : angle of equilibrium (≤10°) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 2.8 | deg | Passed |
| 9 | Severe wind and rolling | | | | | | | | | | | |
| | Angle of steady heel shall not be greater than (≤16°) | 8.1 | 5.1 | 3.5 | 9.8 | 6.4 | 4.5 | 11.1 | 7.4 | 5.3 | deg | Passed |
| | Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (≤80%) | 33.02 | 23.39 | 18.87 | 41.78 | 31.05 | 25.8 | 48.74 | 37.17 | 31.51 | % | Passed |
| | Area1 / Area2 shall not be less than (≥100%) | 168.12 | 192.07 | 213.05 | 144.07 | 171.67 | 195.35 | 128.22 | 157.54 | 182.80 | % | Passed |

Karena *Ferry Hydrofoil* merupakan kapal cepat, terdapat penambahan kriteria stabilitas yaitu *High – Speed Craft* (HSC) Code 2000. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pemeriksaan dari tiap kondisi *loadcase* pada Tabel IV.17 dengan kriteria stabilitas berdasarkan HSC Code 2000.

Tabel IV. 17 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas *Ferry Hydrofoil* (HSC Code 2000)

| Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|---------------|
| No | Kriteria | Kondisi Loadcase Saat Consumable | | | | | | | | | Satuan | Kondisi |
| | | Penumpang 30% | | | Penumpang 70% | | | Penumpang 100% | | | | |
| | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | | |
| | | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | | |
| HSC 2000 ANNEX 8 MONOHULL - INTACT | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Weather criterion from IMO A.749 (18) | | | | | | | | | | | |
| | Angle of steady heel shall not be greater than ($\leq 16^{\circ}$) | 5 | 3.1 | 2.1 | 7 | 4.5 | 3.2 | 8.3 | 5.5 | 5 | deg | <i>Passed</i> |
| | Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than ($\leq 80\%$) | 21.72 | 15.34 | 12.33 | 31.62 | 23.49 | 19.65 | 39.16 | 29.89 | 21.72 | % | <i>Passed</i> |
| | Area1 / Area2 shall not be less than | 244.13 | 252.15 | 262.20 | 209.37 | 224.84 | 239.86 | 185.89 | 205.88 | 244.13 | % | <i>Passed</i> |
| 2 | Area 0 to 30 (≥ 3.1510) | 16.902 | 19.686 | 21.362 | 13.414 | 16.671 | 18.802 | 11.023 | 14.547 | 16.902 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 3 | Area 30 to 40 (≥ 1.7190) | 13.359 | 14.061 | 14.397 | 11.697 | 12.688 | 13.289 | 10.561 | 11.728 | 13.359 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 4 | Max GZ at 30 or greater (≥ 0.2) | 1.900 | 2.034 | 2.056 | 1.744 | 1.889 | 1.927 | 1.635 | 1.786 | 1.900 | m | <i>Passed</i> |
| 5 | $\theta_{GZmax} \geq 15^{\circ}$ | 59.1 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | deg | <i>Passed</i> |
| 6 | $GM \geq 0.15$ | 2.128 | 3.134 | 3.601 | 2.608 | 3.134 | 3.595 | 2.617 | 3.139 | 2.128 | m | <i>Passed</i> |
| HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - HULL BORNE MODE | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Angle of equilibrium ($\leq 10^{\circ}$) | | | | | | | | | | | |
| | -High-speed turning | 8.6 | 4.1 | 2.8 | 9.7 | 6.6 | 4.7 | 9.4 | 8.6 | 8.6 | deg | <i>Passed</i> |
| | -Wind heeling | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |
| HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - TRANSITIONAL AND FOIL BORNE MODES | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Passenger Crowding ($\leq 8^{\circ}$) (angle of equilibrium) (Foil Borne Mode) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |
| | Passenger Crowding ($\leq 12^{\circ}$) (angle of equilibrium) (Transitional Mode) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |

IV.4.11. Perhitungan Tonase Kapal

Perhitungan tonase kapal adalah berdasarkan dari peraturan *International Convention Tonnage Measurement, 1969*. Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

- H = 2.50 m
- T = 1.63 m
- $V_{DH} = 531.663 \text{ m}^3$
- $\nabla = 173.9 \text{ m}^3$
- $Z_c = 10$ orang (jumlah kru kapal)
- $N_1 = 238$ orang (jumlah penumpang kapal)
- $N_2 = 228$ orang

- **Gross Tonnage**

$$\begin{aligned} V_U &= \nabla \cdot ((1.25 \cdot H / T) - 0.115) \text{ (Volume geladak dibawah geladak cuaca)} \\ &= 313.399 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_H &= V_{DH} \\ &= 531.663 \text{ m}^3 \quad \text{(Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= V_U + V_H \\ &= 845.062 \text{ m}^3 \quad \text{(Total volume ruang tertutup)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_1 &= 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} \cdot V \\ &= 0.259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GT &= V \cdot K_1 \\ &= \mathbf{218.480 \text{ GT}} \end{aligned}$$

- **Net Tonnage**

$$V_{R'} = 51.982 \text{ m}^3 \quad \text{(Total volume ruang muat)}$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} \cdot V_C$$

$$\begin{aligned} K_3 &= 1.25^{GT+10000/10000} \\ &= 1.256 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= K_2 \cdot V_{R'} \cdot (4 \cdot T / 3 \cdot H)^2 \\ &= 108.299 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT &= a + K_3 \cdot (N_1 \cdot N_1 / 10) \\ &= \mathbf{437.149 \text{ NT}} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } a \geq 0.25 \cdot GT$$

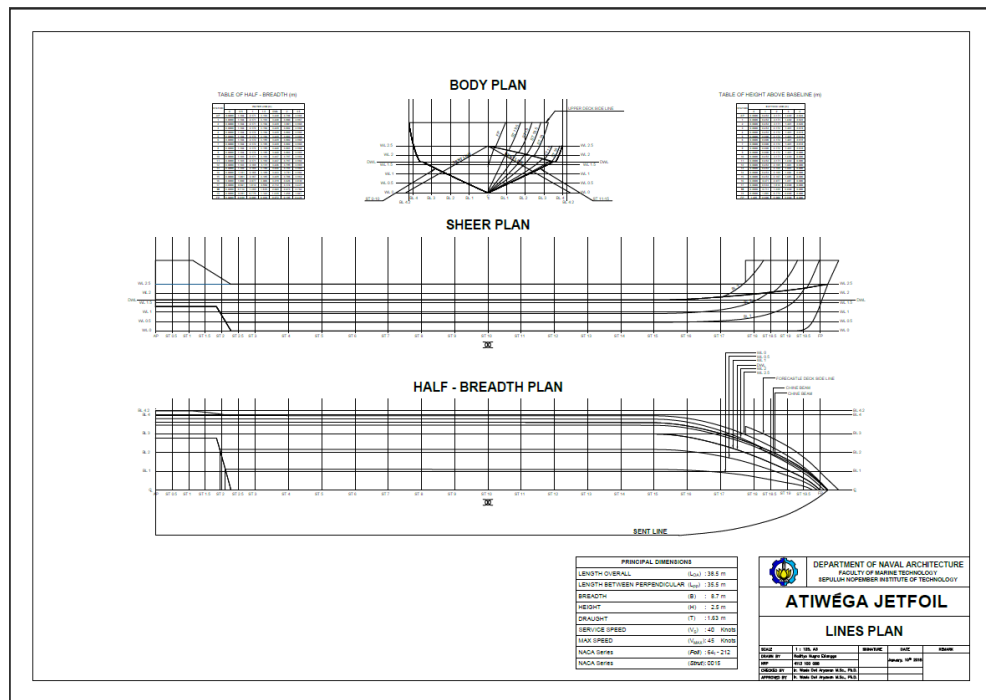
$$0.25GT = \mathbf{54.620} \quad \text{(Accepted)}$$

$$0.30GT = \mathbf{65.544} \quad \text{(Accepted)}$$

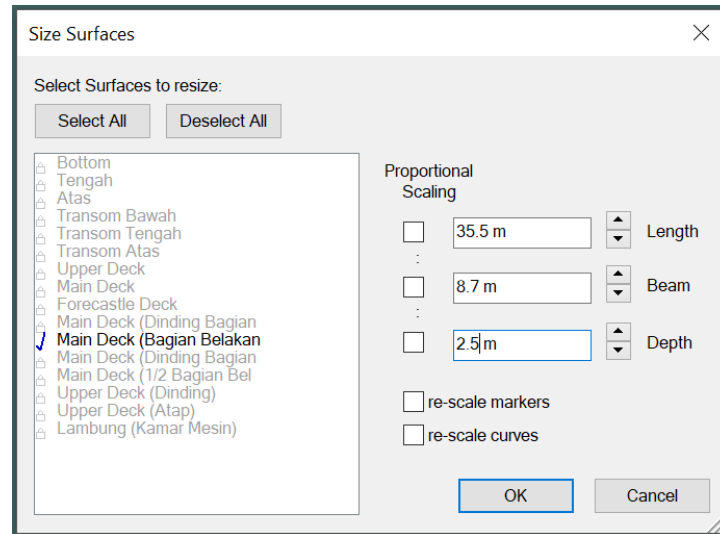
IV.4.12. Pembuatan Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)

Setelah semua perhitungan selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan Rencana Garis atau *Lines Plan*. *Lines Plan* ini merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half – breadth plan*). *Lines Plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang sesuai, terutama desain ruang muat.

Untuk melihat *smooth* atau tidaknya permukaan desain, di dalam *software Design Modeler* lambung kapal telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis – garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Gambar IV.31 merupakan gambar dari model yang telah dibuat.

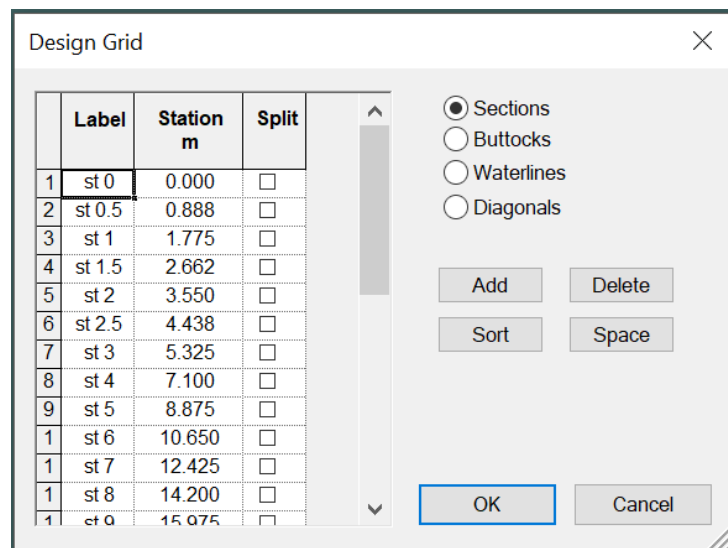


Setelah *design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.32 dibawah ini.



Gambar IV. 32 Size Surfaces

Untuk panjang diisi dengan LOA kapal, agar L_{PP} dapat sesuai dengan perhitungan. lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, *Buttock line* dan *Water line*, dengan mengakses *menu data > design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.16 berikut.



Gambar IV. 33 Pengaturan Jumlah Station

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference*. Pada gambar tampak panjang L_{WL} kapal.

| | Measurement | Value | Units |
|----|-----------------------------------|---------|-----------------|
| 1 | Displacement | 178.3 | t |
| 2 | Volume (displaced) | 173.909 | m ³ |
| 3 | Draft Amidships | 1.630 | m |
| 4 | Immersed depth | 1.630 | m |
| 5 | WL Length | 35.582 | m |
| 6 | Beam max extents on WL | 6.879 | m |
| 7 | Wetted Area | 254.967 | m ² |
| 8 | Max sect. area | 5.751 | m ² |
| 9 | Waterpl. Area | 222.460 | m ² |
| 10 | Prismatic coeff. (Cp) | 0.850 | |
| 11 | Block coeff. (Cb) | 0.436 | |
| 12 | Max Sect. area coeff. (Cm) | 0.513 | |
| 13 | Waterpl. area coeff. (Cwp) | 0.909 | |
| 14 | LCB length | -0.385 | from amidsh. (+ |
| 15 | LCF length | -1.492 | from amidsh. (+ |
| 16 | LCB % | -1.083 | from amidsh. (+ |
| 17 | LCF % | -4.193 | from amidsh. (+ |
| 18 | KB | 1.098 | m |
| 19 | KG fluid | 0.000 | m |
| 20 | BMT | 4.718 | m |
| 21 | BML | 114.976 | m |
| 22 | GMt corrected | 5.816 | m |
| 23 | GML | 116.074 | m |
| 24 | KMt | 5.816 | m |
| 25 | KML | 116.074 | m |
| 26 | Immersion (TPc) | 2.280 | tonne/cm |
| 27 | MTc | 5.828 | tonne.m |
| 28 | RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) | 18.093 | tonne.m |
| 29 | Length:Beam ratio | 5.172 | |
| 30 | Beam:Draft ratio | 4.221 | |
| 31 | Length:Vol ^{0.333} ratio | 6.375 | |
| 32 | Precision | High | 116 stations |

Gambar IV. 34 Calculate Hydrostatics pada Design Modeler

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatik dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatics*. Dari sini akan tampak data – data hidrostatik model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatik telah sesuai maka model ini dapat langsung di ekspor ke format *dxf* untuk di perbaiki dengan *software CAD*.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

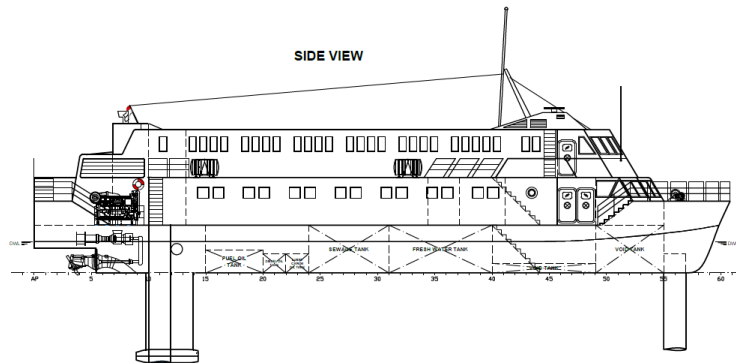
Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half – breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu *file dwg* yang merupakan *output* dari *software CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat.

IV.4.13. Pembuatan Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat gambar *General Arrangement* dari Kapal Cepat Ferry *Hydrofoil*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD 2017 Student Version*.

- *Side View*

Pada permodelan rencana umum kapal ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Jarak gading pada kapal ini adalah 0.6 m. Detail permodelan rencana umum *Kapal Cepat Ferry Hydrofoil* tampak samping dapat dilihat pada Gambar IV.18 berikut.

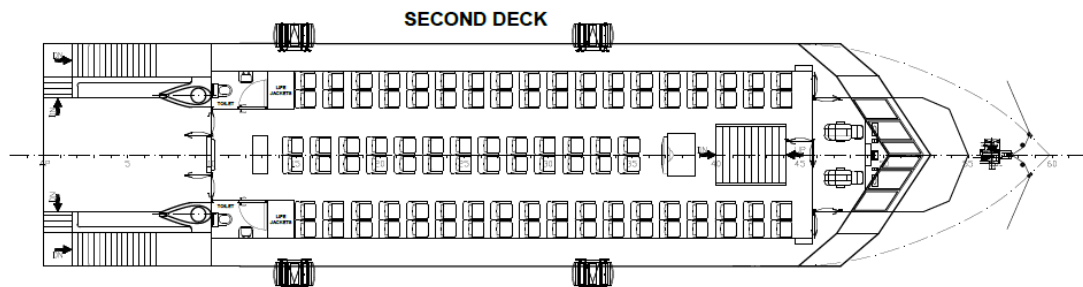


Gambar IV. 35 Side View Ferry Hydrofoil

Pada proyeksi kapal tampak samping (Gambar IV.35) dapat dilihat bahwa kapal tidak memiliki *double bottom*. Kapal Cepat *Ferry Hydrofoil* memiliki *upper deck* yang menjadi *passenger deck* untuk kelas VIP dan *main deck* untuk kelas *Economy* serta *navigation deck*. Kapal Cepat *Ferry Hydrofoil* memiliki sistem *foil* dibawah lambung kapal yang berfungsi untuk mengangkat badan kapal pada saat beroperasi di mana dapat mempersingkat waktu perjalanan dan terdapat sistem permesinan dan propulsi menggunakan mesin utama *gas turbine* karena kapal dapat mengangkat (terbang) dan sistem propulsi *waterjet* yang memiliki kelebihan dapat bermanuver dengan baik dan biasa digunakan pada kapal cepat.

- *Upper Deck*

Layout dari *upper deck* pada rencana umum diproyeksikan tampak atas. Pada bagian ini permodelan *layout* dilakukan pada setiap *layer* geladak. Geladak ini berfungsi sebagai *passenger deck* dan *navigation deck* dengan kelas VIP dan memiliki fasilitas pelayanan yang ekstra dan dapat dilihat pada Gambar IV.36 berikut.

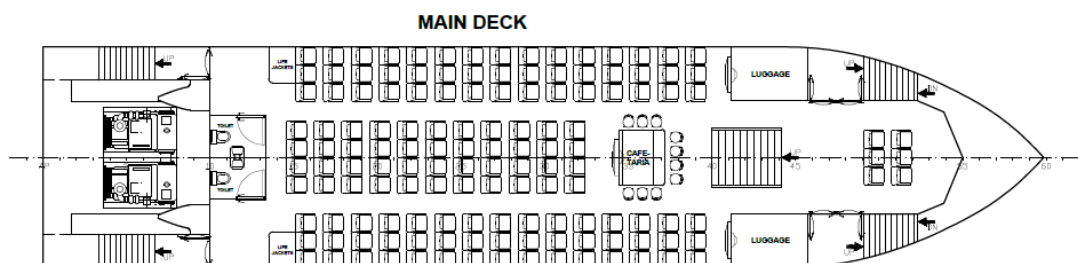


Gambar IV. 36 Layout Upper Deck Ferry Hydrofoil

Upper deck difungsikan sebagai geladak penumpang dan navigasi yang terdiri dari kursi penumpang, ruang kemudi, *office*, serta *toilet*. Pembuatan sketsa dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kenyamanan penumpang. Peletakan kursi harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan aturan Surat Dirjen Perhubungan Darat No. AP.005/3/13/DPRD/1994 sehingga masih tetap memberikan ruang gerak yang luas untuk penumpang.

- *Main Deck*

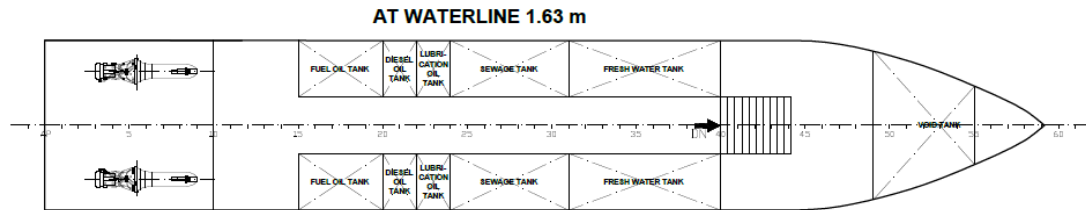
Layout geladak utama (*main deck*) pada rencana umum kapal ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV.37. Pada geladak utama kapal ini digunakan sebagai geladak penumpang dengan kelas *Economy*. Selain sebagai geladak penumpang, pada *main deck* terdapat *toilet* dan *cafeteria (bar)* sebagai fasilitas penumpang kapal dan terdapat *generator set*.



Gambar IV. 37 Layout Main Deck Ferry Hydrofoil

- **Below Main Deck**

Layout below main deck pada rencana umum Kapal Cepat Ferry Hydrofoil diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV.



Gambar IV. 38 Layout Below Main Deck Ferry Hydrofoil

Layout below main deck difungsikan sebagai kamar mesin dan tangki – tangki pada kapal. Terdapat 5 tangki pada *starboard* dan 5 tangki pada *port side* yang terdiri dari tangki bahan bakar mesin utama (*fuel oil tank*), tangki bahan bakar mesin bantu (*diesel oil tank*), tangki minyak pelumas (*lubrication oil tank*), tangki air tawar/bersih (*fresh water tank*), dan tangki air kotor/pembuangan (*sewage tank*), serta tangki kosong (*void tank*) pada bagian depan kapal. Pada *layout* bagian belakang, digambarkan juga *layout* kamar mesin dimana terdapat 2 *main engine* berupa *gas turbine* dan 2 sistem propulsi berupa *waterjet*.

Gambar *General Arrangement* Kapal Cepat Ferry Hydrofoil ini dapat dilihat secara lengkap pada bagian Lampiran E dari laporan ini.

IV.4.14. Pembuatan Desain Rencana Keselamatan (*Safety Plan*)

Kapal Cepat Ferry Hydrofoil harus memiliki standar minimum sebagai kapal pengangkut penumpang, maka harus dilakukan perencanaan keselamatan dengan memperhitungkan jumlah penumpang dan ruang akomodasi penumpang.

- **Life Saving Appliances**

1. **Life Buoy**

Ketentuan jumlah *life buoy* untuk kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/22-1 dapat dilihat pada Tabel IV.17.

Tabel IV. 18 Ketentuan Jumlah *Life Buoy*

| Panjang Kapal (m) | Jumlah <i>Life Buoy</i> Minimum |
|-----------------------|---------------------------------|
| Di bawah 60 | 8 |
| Antara 60 sampai 120 | 12 |
| Antara 120 sampai 180 | 18 |
| Antara 180 sampai 240 | 24 |
| Lebih dari 240 | 30 |

Panjang (L_{PP}) kapal *Ferry Hydrofoil* adalah 35.5 meter, sehingga jumlah minimum *life buoy* yang harus tersedia adalah 8. Spesifikasi *life buoy* berdasarkan LSA Code II/2-1 adalah sebagai berikut:

- Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm.
- Mampu menahan beban tidak kurang dari 14.5 kg dari besi di air selama 24 jam.
- Mempunyai massa tidak kurang dari 2.5 kg
- Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.

Sedangkan ketentuan untuk jumlah dan peletakan *life buoy* menurut SOLAS Reg. III/7-1 adalah:

- Didistribusikan di kedua sisi kapal dan di geladak terbuka dengan lebar sampai sisi kapal. Pada sisi belakang kapal (buritan kapal) harus diletakkan 1 buah *life buoy*.
- Setidaknya satu pelampung diletakkan di setiap sisi kapal dan dilengkapi dengan tali penyelamat.
- Tidak kurang dari 1.5 dari jumlah total *life buoy* harus dilengkapi dengan pelampung dengan lampu menyala (*life buoy self – igniting lights*). Sedangkan untuk kapal penumpang setidaknya 6 *life buoy* harus dilengkapi *life buoy self – igniting lights*.
- Tidak kurang dari 2 dari jumlah total *life buoy* harus dilengkapi dengan *life buoy self – activating smoke signal* dan harus mudah diakses dari *Navigation Bridge*.

Berdasarkan ketentuan – ketentuan tersebut maka perencanaan jumlah dan peletakan *life buoy* pada kapal *Ferry Hydrofoil* dapat dilihat pada Tabel IV.18.

Tabel IV. 19 Perencanaan Jumlah dan Peletakan *Life Buoy*

| Jenis <i>Life Buoy</i> | Jumlah | |
|--|------------------|-------------------|
| | <i>Main Deck</i> | <i>Upper Deck</i> |
| <i>Life Buoy</i> | - | 2 |
| <i>Life Buoy with line</i> | 4 | - |
| <i>Life Buoy with self-igniting lights</i> | 4 | 2 |
| <i>Life Buoy with smoke signal</i> | 2 | 2 |

2. *Life Jacket*

Kriteria ukuran *life jacket* menurut LSA code II/2.2 dapat dilihat pada Tabel IV.19.

Tabel IV. 20 Kriteria Ukuran *Life Jacket*

| Ukuran <i>Life Jacket</i> | Balita | Anak-anak | Dewasa |
|---------------------------|--------|-----------|--------|
| Berat (kg) | < 15 | 15 - 43 | > 43 |
| Tinggi (cm) | < 100 | 100 - 155 | > 155 |

Sedangkan ketentuan jumlah dan penempatan *life jacket* pada kapal penumpang berdasarkan SOLAS Reg. III/7-2 adalah sebagai berikut:

- a. Sebuah *life jacket* harus tersedia untuk setiap orang di atas kapal, dan dengan ketentuan:
 - Untuk kapal penumpang dengan pelayaran kurang dari 24 jam, jumlah *life jacket* untuk bayi setidaknya sama dengan 2.5% dari jumlah penumpang.
 - Untuk kapal penumpang dengan pelayaran lebih dari 24 jam, jumlah *life jacket* untuk bayi harus disediakan untuk setiap bayi di dalam kapal.
 - Jumlah *life jacket* untuk anak – anak sedikitnya sama dengan 10% dari jumlah penumpang atau boleh lebih banyak sesuai permintaan ketersediaan *life jacket* untuk setiap anak.
 - Jumlah *life jacket* yang cukup harus tersedia untuk orang – orang pada saat akan menuju *survival craft*. *Life jacket* tersedia untuk orang – orang yang berada di *poop deck*, ruang kontrol mesin, dan tempat awak kawal lainnya.

- Jika *life jacket* yang tersedia untuk orang dewasa tidak didesain untuk berat orang lebih dari 140 kg dan lingkaran dada mencapai 1.750 mm, jumlah *life jacket* yang cukup harus tersedia di kapal untuk setiap orang tersebut.
- b. *Life jacket* harus ditempatkan pada tempat yang mudah diakses dan dengan penunjuk posisi yang jelas.
- c. *Life jacket* yang digunakan di *totally enclosed lifeboat*, kecuali *free fall lifeboats*, tidak boleh menghalangi akses masuk ke dalam *lifeboat* atau tempat duduk, termasuk pada saat pemasangan sabuk pengaman.

Ketentuan perencanaan peletakan *life jacket* berdasarkan SOLAS Reg. III/22 adalah sebagai berikut:

- a. *Life jacket* harus diletakkan di tempat yang mudah dilihat, di geladak atau di *muster station*.
- b. *Life jacket* penumpang diletakkan di ruangan yang terletak langsung diantara area umum dan *muster station*. Untuk kapal pelayaran lebih dari 24 jam, *life jacket* harus diletakkan di area umum, *muster station*, atau diantaranya.
- c. *Life jacket* yang digunakan pada kapal penumpang harus tipe *life jacket lights*.

Berdasarkan ketentuan – ketentuan tersebut maka perencanaan peletakan *lifejacket* dapat dilihat pada Tabel IV.20.

Tabel IV. 21 Perencanaan Jumlah dan Peletakan *Life Jacket*

| Jenis <i>Life jacket</i> | Jumlah | |
|----------------------------------|------------------|-------------------|
| | <i>Main Deck</i> | <i>Upper Deck</i> |
| <i>Life jacket with lights</i> | 150 | 100 |
| <i>Life jackets for children</i> | 20 | 15 |

3. *Life Raft*

Liferaft yang digunakan adalah tipe *inflatable life raft*. Ketentuan peletakan *inflatable life raft* pada kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/21-1.4 sebagai berikut:

- a. *Inflatable life raft* harus diletakkan disetiap sisi kapal dengan kapasitas mampu mengakomodasi seluruh orang di kapal.

- b. Kecuali jika diletakkan di setiap sisi geladak tunggal terbuka yang mudah dipindahkan, maka *life raft* yang tersedia pada setiap sisi kapal memiliki kapasitas 150% jumlah penumpang.

Dengan memperhitungkan kapasitas penumpang sebanyak 238 orang dan 10 orang kru kapal, maka diperlukan 4 *inflatable life raft* dengan kapasitas per unit 65 orang. Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/21-1.43, *liferaft* dipasang disetiap sisi kapal. Perencanaan letak *inflatable life raft* adalah pada geladak di atas *passenger deck*.

4. *Line Throwing Appliances*

Ketentuan ukuran dan peletakan *line throwing appliances* menurut LSA Code VII/7.1 adalah sebagai berikut:

- a. Mampu melontarkan tali dengan tepat.
- b. Di dalamnya terdapat minimal 4 proyektil yang masing-masing dapat membawa tali setidaknya 230 meter pada kondisi cuaca yang baik dengan *breaking strength* minimal 2 kN.
- c. Terdapat instruksi yang jelas di bagian luarnya untuk menjelaskan penggunaan dari *line throwing appliances*.

Berdasarkan ketentuan tersebut maka akan dipasang 2 (dua) *line throwing appliances* pada setiap sisi kapal pada *main deck*.

5. *Muster / Assembly Station*

Muster Station merupakan area untuk berkumpul disaat terjadi bahaya. Pada rencananya *Muster Station* akan diletakkan di *main deck* dan *upper deck*. Ketentuan letak *Muster Station* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. *Muster Station* harus diidentifikasi dengan *muster station symbol*.
- b. Simbol *Muster Station* harus diberi ukuran secukupnya dan diletakkan di *muster station* serta dipastikan mudah terlihat.

6. *Escape Routes*

Simbol *escape route* dipasang disetiap lorong kapal, tangga – tangga, dan di desain untuk mengarahkan penumpang kapal menuju *muster station*. Ketentuan peletakan simbol *escape route* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. Simbol arah ke *muster station* atau simbol *escape way* harus disediakan disemua area penumpang, seperti pada tangga, gang atau lorong menuju *muster station*, di tempat-tempat umum yang tidak digunakan sebagai *muster station*, di setiap pintu masuk ruangan dan area yang menghubungkan tempat umum dan disekitar pintu – pintu pada *deck* terluar yang memberikan akses menuju *muster station*.
- b. Sangat penting bahwa rute menuju ke *muster station* harus ditandai dengan jelas dan tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai tempat meninggalkan barang-barang.
- c. Tanda arah *embarkation station* dari *muster station* ke *embarkation station* harus disediakan.

7. Visual Signal

Visual signal merupakan alat yang digunakan untuk komunikasi darurat ketika dalam keadaan bahaya. Jenis *visual signal* yang rencananya digunakan adalah *rocket parachutes flare* yang dipasang di *navigation deck*, dan *liferaft*.

8. Radio and Navigation

- a. *Search and Rescue Radar (SART)*

Pada kapal ini rencananya akan dipasang 2 SART di setiap sisi *navigation deck*. Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, SART harus dibawa saat naik di *lifeboat* atau *liferaft* ketika dilakukan evakuasi agar radar tetap bisa ditangkap.

- b. *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Pada kapal ini rencananya akan dipasang 1 EPIRB pada *navigation deck* dan diletakkan diluar. Frekuensi EPIRB yang digunakan menurut SOLAS Reg. IV/8 adalah 406 MHz, dan tertera juga tanggal akhir masa berlaku atau tanggal terakhir sensor apung.

- c. *Radio Telephone Apparatus*

Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, Terdapat paling sedikit 3 (tiga) *set radio telephone* yang memenuhi standart dan diletakkan di *navigation deck* (2 buah) dan 1 di *engine room*.

- ***Fire Control Equipment***

Berdasarkan SOLAS Reg. II/10, pemadam kebakaran diletakkan di tempat – tempat yang terlihat, mudah dijangkau dengan cepat dan mudah kapanpun atau saat dibutuhkan. Sedangkan menurut MSC 911/7, lokasi alat pemadam kebakaran portabel berdasarkan kesesuaian kebutuhan dan kapasitas. Alat pemadam kebakaran untuk kategori ruang khusus harus cocok untuk kebakaran kelas A dan B. Peralatan pemadam kebakaran yang dipasang pada kapal ini antara lain sebagai berikut:

1. ***Fire hose reel with spray jet nozzle and hydrant***

Untuk kapal yang mengangkut lebih dari 36 penumpang *fire hoses* harus terhubung ke *hydrant*. Menurut SOLAS Reg. II/10-2, Panjang *fire hoses* minimal adalah 10 m, tetapi tidak lebih dari 15 m di kamar mesin, 20 m di geladak terbuka, dan 25 m di geladak terbuka untuk kapal dengan lebar mencapai 30 m.

2. ***Fixed CO₂ fire system***

Menurut SOLAS Reg. II/10-5, *fixed CO₂ fire system* digunakan untuk sistem pemadam kebakaran di kamar mesin atau untuk kebakaran kategori A, dimana terdapat kandungan minyak atau bahan bakar. *Fixed CO₂ fire system* diletakkan di sebuah ruangan di geladak utama.

3. ***Sprinkler***

Menurut ketentuan SOLAS Reg. II/10-6, untuk kapal penumpang yang mengangkut lebih dari 36 penumpang harus dilengkapi dengan sistem *sprinkler* otomatis untuk area yang memiliki risiko kebakaran besar, misalnya seperti di *passenger deck*.

4. ***Portable CO₂ fire extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di area yang terdapat banyak sistem kelistrikan atau mengandung minyak dan bahan bakar lainnya.

5. ***Portable foam extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di kamar mesin.

6. ***Portable dry powder extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran tipe A,B, dan C, sehingga diletakkan di area umum seperti geladak penumpang dan geladak akomodasi lainnya.

Sedangkan alat pendeteksi kebakaran yang harus dipasang berdasarkan ketentuan HSC Code VII/7 antara lain sebagai berikut:

1. *Bell fire alarm*

Untuk kapal kurang dari 500 GT, *alarm* ini dapat terdiri dari peluit atau sirene yang dapat didengar di seluruh bagian kapal.

2. *Push button for fire alarm*

Push button for general alarm ini digunakan atau ditekan apabila terjadi tanda bahaya yang disebabkan apa saja dan membutuhkan peringatan menyeluruh pada kapal secepat mungkin.

3. *Heat detector*

Heat detector dipasang pada seluruh tangga, koridor dan jalan keluar pada ruangan akomodasi.

4. *CO₂ alarm*

Berfungsi jika terdapat kontaminasi karbon dioksida berlebih pada satu ruangan atau bagian kapal.

5. *Fire alarm panel*

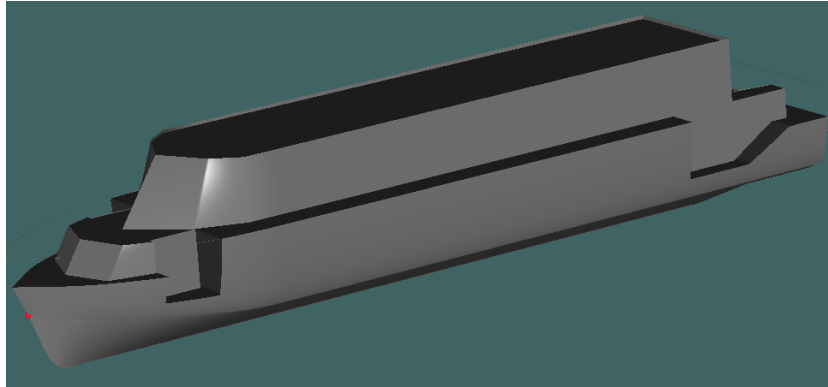
Control Panel harus diletakkan pada ruangan atau pada *main fire control station*.

IV.4.15. Pembuatan Desain Model 3 Dimensi (3D Model)

Setelah dilakukan pemodelan rencana umum, selanjutnya pemodelan 3D dapat dilakukan dengan pemroyeksian sesuai dengan rencana umum. Pengerjaan permodelan 3D dibantu dengan dua *software* yaitu *Design Modeler* lambung kapal dan *Sketchup* 2017.

Pada tahap awal pemodelan lambung menggunakan *software Design Modeler* lambung kapal dengan menggunakan pemodelan awal untuk penentuan karakteristik lambung kapal yang dijelaskan pada sub-bab IV.3.1. *Design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, C_B , C_P , C_M dan LCB yang sama). Setelah *design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.32 pada sub-bab sebelumnya.

Pada proses pengerjaan pemodelan 3D pada lambung dengan menggunakan *software Design Modeler* lambung kapal ini didapatkan bentuk model *hull*, *main deck*, dan *upper deck*. Kemudian untuk menampilkan bentuk *hull* secara pejal dengan menggunakan menu *rendering* pada *toolbar* yang tersedia sehingga didapatkan bentuk seperti pada Gambar IV.39 berikut.



Gambar IV. 39 Pemodelan 3D pada *Software Design Modeler*

Proses pengerjaan selanjutnya adalah pemodelan bangunan atas dan beberapa detail pada bagian *main deck* dan *upper deck*. Proses pengerjaan ini menggunakan bantuan *Software Sketchup 2017*. Pengerjaan ini dilakukan dengan mengekspor gambar yang telah dibuat pada *software Design Modeler* lambung kapal. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyimpan gambar pada *software Design Modeler* lambung kapal menjadi bentuk (format) 3D DXF kemudian meng-import permodelan 3D lambung yang telah dibuat sebelumnya pada *software Design Modeler* ke *software Sketchup*. Berikut merupakan gambar – gambar hasil pemodelan 3D.



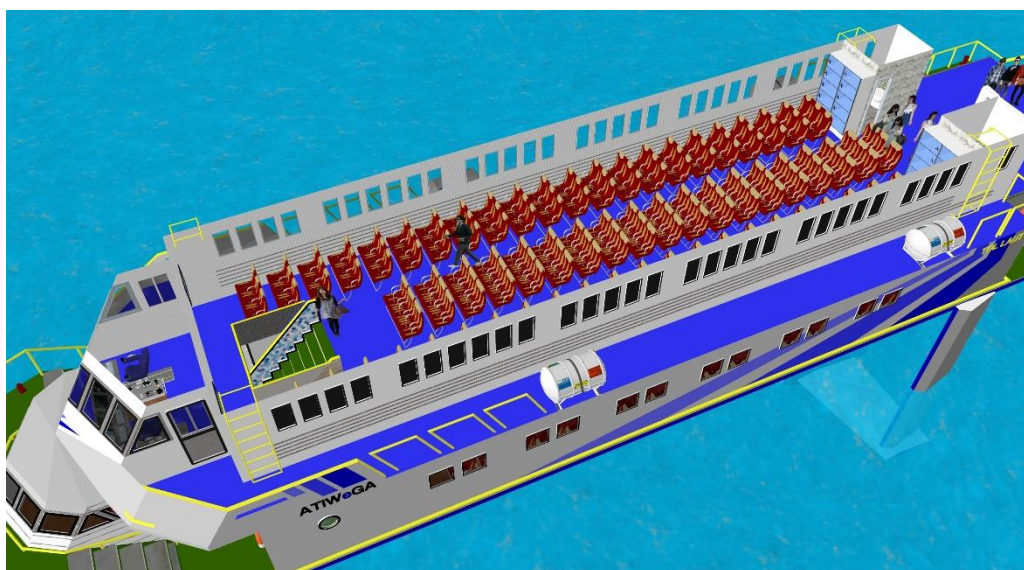
Gambar IV. 40 Tampak Perspektif 3D *Ferry Hydrofoil*



Gambar IV. 42 Tampak Perspektif (Belakang) 3D Ferry Hydrofoil



Gambar IV. 41 Desain Interior Main Deck Ferry Hydrofoil



Gambar IV. 43 Desain Interior Upper Deck Ferry Hydrofoil

BAB V ANALISIS EKONOMIS

V.1. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Awal Kapal (*Building Cost*)

Analisis biaya pembangunan kapal dilakukan dengan cara membagi komponen biaya menjadi 3 bagian utama yaitu badan kapal dan konstruksinya, peralatan dan perlengkapan (*equipment and outfitting*), sistem *foil* dan *strut*, serta tenaga penggerak. Pada setiap komponen yang disebutkan diatas kemudian dilakukan pendataan terkait kebutuhan atau peralatan yang terkandung didalamnya. Dari data elemen tersebut dilakukan penentuan jumlah dan pencarian harga satuannya untuk mendapatkan harga total. Setelah semua elemen didapatkan datanya, maka dilakukan kalkulasi untuk mendapatkan total harga pembangunan kapal. Perincian perhitungannya dapat dilihat pada halaman Lampiran C. Sedangkan pada perhitungan sub-bab ini hanya dipaparkan rekapitulasi tiap komponennya. Berikut adalah tabel rekapitulasi biaya pembangunan awal *Ferry Hydrofoil*.

Tabel V. 1 Rekapitulasi Biaya Bahan Konstruksi Kapal

| | | No | Item | Value | Unit |
|--------------------------------|---|----|---|--------------------|------------|
| Aluminium Kapal dan Konstruksi | 1 | | Lambung Kapal (Hull) | | |
| | | | (Tebal pelat = 9 mm, jenis material = aluminium) | | |
| | | | Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017) | | |
| | | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | | Berat Lambung Kapal | 13 | ton |
| | | | Harga Lambung Kapal | \$ 8,234.88 | USD |
| | 2 | | Geladak Kapal (Deck) | | |
| | | | (Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium) | | |
| | | | Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017) | | |
| | | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | | Berat Geladak Kapal | 10 | ton |
| | | | Harga Geladak Kapal | \$ 6,724.87 | USD |
| | 3 | | Bangunan Atas Kapal | | |
| | | | (Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium) | | |
| | | | Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017) | | |
| | | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | | Berat Bangunan Atas Kapal | 8.572 | ton |
| | | | Harga Bangunan Atas Kapal | \$ 5,572.09 | USD |

| | | | |
|--|--|--|-------------------------|
| | 4 | Konstruksi Lambung Kapal | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 4 Desember 2017) berat konstruksi lambung kapal diambil 25% dari berat lambung kapal</i> | |
| | | Harga | 650 USD/ton |
| | | Berat Konstruksi Lambung Kapal | 2.143 ton |
| | | Harga Konstruksi Lambung Kapal | \$ 1,393.02 USD |
| | 5 | Elektroda | |
| | | <i>(Diasumsikan 6% dari berat pelat kapal)</i> | |
| | | <i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i> | |
| | | Harga | 2590 USD/ton |
| | | Berat pelat kapal total (lambung, geladak, bangunan atas, dan konstruksi lambung kapal) | 2.024 ton |
| | | Harga Elektroda | \$ 5,241.73 USD |
| | Total Harga Pelat dan Elektroda Aluminium Kapal | | \$ 27,166.59 USD |

Tabel V. 2 Rekapitulasi Biaya Perlengkapan dan Perlengkapan

| | | No | Item | Value | Unit |
|------------------------|---|--|---------------------|--------------------|------|
| Equipment & Outfitting | 1 | Railing dan Tiang Penyangga | | | |
| | | <i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i> | | | |
| | | <i>Sumber: www.metalsdepot.com</i> | | | |
| | | Harga | 35 | USD/m | |
| | | Panjang railing dan tiang penyangga | 98 | m | |
| | | Harga Railing dan Tiang Penyangga | \$ 3,430.00 | USD | |
| | 2 | Atap Kapal | | | |
| | | <i>(Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium)</i> | | | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017)</i> | | | |
| | | Harga | 650 | USD/m ² | |
| | | Luas atap kapal | 2.70 | m ² | |
| | | Harga Pelat Atap Kapal | \$ 1,755.00 | USD | |
| | 3 | Kaca Polycarbonate | | | |
| | | <i>(Kaca Polycarbonate, t = 6 mm)</i> | | | |
| | | <i>Sumber: http://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-100-Virgin-Material-Honeycomb_60718631046.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.tyWXaj</i> | | | |
| | | Harga | 250 | USD/m ² | |
| | | Luas kaca | 19.472 | m ² | |
| | | Harga Kaca Polycarbonate | \$ 4,868.00 | USD | |
| | 4 | Kursi | | | |
| | | <i>Sumber: www.alibaba.com</i> | | | |
| | | Jumlah | 248 | unit | |
| | | Harga per unit | 120 | USD | |
| | | Harga Kursi | \$ 29,760.00 | USD | |

| | | | |
|---|--|---------------------|------------|
| 5 | Meja | | |
| | Jumlah | 2 | unit |
| | Harga per unit | 500 | USD |
| | Harga meja | \$ 1,000.00 | USD |
| 6 | Peralatan Navigasi & Komunikasi (www.alibaba.com) | | |
| | a. Peralatan Navigasi | | |
| | Radar | 2,750 | USD |
| | Kompas | 55 | USD |
| | GPS | 850 | USD |
| | Lampu Navigasi | | |
| | -Masthead Light | 9.8 | USD |
| | -Anchor Light | 8.9 | USD |
| | -Starboard Light | 12 | USD |
| | -Portside Light | 12 | USD |
| | Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR) | 17,500 | USD |
| | Automatic Identification System (AIS) | 4,500 | USD |
| | Telescope Binocular | 60 | USD |
| | Harga Peralatan Navigasi | \$ 25,757.65 | USD |
| | | | |
| | b. Peralatan Komunikasi | | |
| | Radiotelephone | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 172 | USD |
| | Harga total | \$ 172.00 | USD |
| | Digital Selective Calling (DSC) | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 186 | USD |
| | Harga total | \$ 186.00 | USD |
| | Navigational Telex (Navtex) | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 12,500 | USD |
| | Harga total | \$ 12,500.00 | USD |
| | EPIRB | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 110 | USD |
| | Harga total | \$ 110.00 | USD |
| | SART | | |
| | Jumlah | 2 | Set |
| | Harga per set | 450 | USD |
| | Harga total | \$ 900.00 | USD |
| | SSAS | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 19,500 | USD |
| | Harga total | \$ 19,500.00 | USD |
| | Portable 2-Way VHF Radiotelephone | | |

| | | | | |
|--|---|--|----------------------|------------|
| | | Jumlah | 2 | Unit |
| | | Harga per unit | 87 | USD |
| | | Harga total | \$ 174.00 | USD |
| | | Harga Peralatan Komunikasi | \$ 33,542.00 | USD |
| | 7 | Life Buoy (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 10 | Unit |
| | | Harga per unit | 20 | USD |
| | | Harga total | \$ 200.00 | USD |
| | 8 | Life Raft (@65 orang) (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 4 | Unit |
| | | Harga per unit | 2,000 | USD |
| | | Harga total | \$ 8,000.00 | USD |
| | 9 | Life Jacket (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 250 | Unit |
| | | Harga per unit | 20 | USD |
| | | Harga total | \$ 5,000.00 | USD |
| | 10 | Jendela (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah jendela kotak | 54 | Unit |
| | | Harga per unit | 250 | USD |
| | | Jumlah side scuttle | 10 | Unit |
| | | Harga per unit | 250 | USD |
| | | Harga total | \$ 16,000.00 | USD |
| | 11 | Pintu (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 8 | Unit |
| | | Harga per unit | 300 | USD |
| | | Pintu ruangan | 5 | Unit |
| | | Harga per unit | 90 | USD |
| | | Harga total | \$ 2,850.00 | USD |
| | 12 | Foil dan Strut (Depan dan Belakang) | | |
| | | Jumlah foil dan strut (belakang) | 4 | Unit |
| | | Jumlah foil dan strut (depan) | 2 | Unit |
| | | Harga per unit | 3,500 | USD |
| | | Harga total | \$ 21,000.00 | USD |
| | 13 | Windlass (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 1 | Unit |
| | | Harga per unit | 10,500 | USD |
| | | Harga total | \$ 10,500.00 | USD |
| | 14 | Tali Tambat (www.alibaba.com) | | |
| | | Jumlah | 2 | Unit |
| | | Harga per unit | 1.6 | USD |
| | | Harga total | \$ 3.20 | USD |
| | Total Harga Equipment & Outfitting | | \$ 163,665.85 | USD |

Tabel V. 3 Rekapitulasi Biaya Tenaga Penggerak

| No | Item | Value | Unit |
|------------------|--|---------------------|------------|
| Tenaga Penggerak | Main Engine (www.forecastinternational.com dan www.nyethermodynamics.com) | | |
| | (2 Unit Main Engine - General Electric The 4.5 MW Engine LM 500) | | |
| | Jumlah | 2 | unit |
| | Harga per unit | 1750000 | USD/unit |
| | Shipping Cost | 500 | USD |
| | Harga Main Engine | \$ 3,500,500 | USD |
| | Komponen Kelistrikan dan Sistem Foil (www.alibaba.com) | | |
| | Power Control Unit | 550 | USD |
| | Automatic Change Over Switch (ACOS) | 400 | USD |
| | Automatic Control System (ACS) [Foil System] | 1,850 | USD |
| | Saklar, Kabel, dan lain - lain | 150 | USD |
| | Harga Komponen Kelistrikan | \$ 2,950 | USD |
| | Generator (www.marketweb.id.com) | | |
| | (2 unit Generator Merk CAT 3512E) | | |
| | Jumlah generator | 2 | unit |
| | Harga per unit | 40000 | USD/unit |
| | Shipping Cost | 500 | USD |
| | Harga Generator | \$ 80,500 | USD |
| | Waterjet (www.alibaba.com) | | |
| | Jumlah waterjet | 2 | Unit |
| | Harga per unit | 85000 | USD |
| | Shipping Cost | 500 | USD |
| | Harga Waterjet | \$ 170,500 | USD |
| | Total Harga Tenaga Penggerak | \$ 3,754,450 | USD |

Setelah pembagian atau pengelompokkan biaya diatas berikut merupakan rekapitulasi biaya pembangunan kapal keseluruhan pada Tabel V.4.

Tabel V. 4 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal Kapal

| No | Item | Value | Unit |
|--|--------------------------------|----------------------|--------|
| 1 | Aluminium Kapal dan Konstruksi | \$ 27,167 | USD |
| 2 | Equipment & Outfitting | \$ 163,666 | USD |
| 3 | Tenaga Penggerak | \$ 3,754,450 | USD |
| Total Harga (USD) | | \$ 3,945,282 | USD |
| Kurs Rupiah - US Dollar (per 5 Desember 2017 - BI) | | \$ 13,506 | Rp/USD |
| Total Harga (Rupiah) | | Rp 53,284,984,572.69 | Rp |

Selain total biaya diatas, dibutuhkan juga perhitungan biaya untuk jasa galangan tempat kapal dibangun, inflasi, dan pajak yang dibayarkan ke Negara atau pemerintah seperti Pajak Pertambahan Nilai (PPn) dan Pajak Penghasilan (PPh) yang dapat dilihat pada Tabel V.5.

Tabel V. 5 Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi

| | No | Item | Value | Unit |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------|
| Koreksi Ekonomi | 1 | Keuntungan Galangan Kapal | | |
| | | 10% dari biaya pembangunan awal | | |
| | | Keuntungan Galangan Kapal | Rp 5,328,498,457 | Rp |
| | 2 | Biaya Untuk Inflasi (Watson, 1998) | | |
| | | 5% dari biaya pembangunan awal | | |
| | | Biaya Inflasi | Rp 2,664,249,229 | Rp |
| | 3 | Biaya Pajak Pemerintah (Watson, 1998) | | |
| | | 10% PPn (Pajak Pertambahan Nilai) | | |
| | | 15% PPh (Pajak Penghasilan) | | |
| | | Biaya Pajak Pemerintah | Rp 13,321,246,143 | Rp |
| | Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi | | Rp 21,313,993,829 | Rp |

V.2. Biaya Operasional Kapal (*Operational Cost*)

Untuk memenuhi biaya pembangunan tersebut maka dilakukan peminjaman uang kepada bank. Bank yang dipilih terdapat banyak pilihan akan tetapi dalam perhitungan ini dalam peminjaman bank yang dipilih adalah Bank Mandiri. Bank Mandiri sendiri memiliki ketentuan mengenai kredit investasi. Rinciannya adalah sebagai berikut:

- Mempunyai *Feasibility Study*
- Mempunyai izin – izin usaha, misalnya SIUP, TDP dan lain – lain
- Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (*Grace Period*) maksimum 4 tahun
- Maksimum pembiayaan bank 65% dan *Self Financing* (SF) 35%

Dari ketentuan tersebut, maka rincian mengenai kredit investasi kepada Bank Mandiri dapat dilihat di lampiran, dan untuk penjelasan pada sub-bab ini hanya hasil rekapitulasi biaya operasional *Ferry Hydrofoil*, yakni sebagai berikut:

Tabel V. 6 Rekapitulasi Biaya Estimasi Operasional Kapal

| OPERATIONAL COST | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------|
| Biaya | Nilai | Waktu |
| Cicilan Pinjaman Bank | Rp 11,602,805,391 | per tahun |
| <i>Maintenance Cost</i> | Rp 5,328,498,457 | per tahun |
| <i>Insurance Cost</i> | Rp 1,065,699,691 | per tahun |
| Gaji crew | Rp 420,000,000 | per tahun |
| Bahan Bakar <i>Fuel Oil</i> | Rp 14,578,200,000.00 | per tahun |
| Bahan Bakar <i>Diesel Oil</i> | Rp 1,682,505,000 | per tahun |
| Air Bersih (Fresh Water) | Rp 806,400,000 | per tahun |
| Port Charges | Rp 92,537,819 | per tahun |
| TOTAL | Rp 35,576,646,358 | per tahun |

V.3. Payback Period

Pada penentuan harga tiket penyeberangan *Ferry Hydrofoil* telah ditentukan berdasarkan acuan tiket kapal *ferry* yang telah ada di penyeberangan Batam – Singapura seperti perusahaan *Majestic Fast Ferry*, *Batamfast Ferry*, dan *Horizon Fast Ferry* serta hasil dari rekapitulasi kuesioner yang telah disebarakan sebelumnya. Oleh karena itu, penentuan harga tiket *Ferry Hydrofoil* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis tiket, yakni tiket *weekdays* (Senin – Jumat) dan *weekend* (Sabtu dan Minggu). Masing – masing jenis tiket tersebut diklasifikasikan lagi menjadi empat, yaitu tiket VIP Dewasa dan VIP Anak – anak di mana ditempatkan di *upper deck* dengan fasilitas dan pelayanan yang ekstra seperti pelayanan dari pramugari lalu *Economy* Dewasa dan *Economy* Anak – anak yang ditempatkan di *main deck* tanpa mendapatkan pelayanan dari pramugari. Berikut adalah harga tiket yang direncanakan untuk penyeberangan Batam – Singapura.

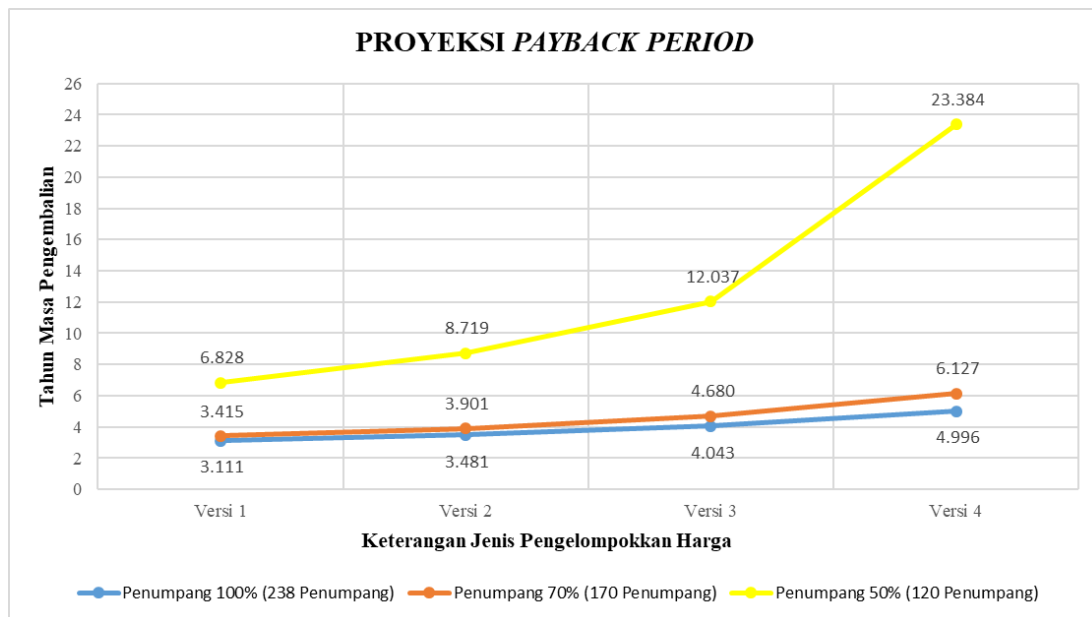
Tabel V. 7 Perencanaan Harga Tiket Ferry Hydrofoil

| Klasifikasi Tiket | Versi 1 | Versi 2 | Versi 3 | Versi 4 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tiket VIP (Dewasa) - <i>Weekdays</i> | Rp300,000 | Rp275,000 | Rp250,000 | Rp225,000 |
| Tiket VIP (Dewasa) - <i>Weekend</i> | Rp350,000 | Rp325,000 | Rp300,000 | Rp275,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - <i>Weekdays</i> | Rp200,000 | Rp175,000 | Rp150,000 | Rp125,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - <i>Weekend</i> | Rp250,000 | Rp225,000 | Rp200,000 | Rp175,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - <i>Weekdays</i> | Rp200,000 | Rp175,000 | Rp150,000 | Rp125,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - <i>Weekend</i> | Rp250,000 | Rp225,000 | Rp200,000 | Rp175,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - <i>Weekda</i> | Rp100,000 | Rp 75,000 | Rp 50,000 | Rp 25,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - <i>Weeken</i> | Rp150,000 | Rp125,000 | Rp100,000 | Rp 75,000 |

Pada Tabel V.7 merupakan variasi perencanaan harga tiket dengan pada *Ferry Hydrofoil*. Pembagian perencanaan harga tiket tersebut dilakukan agar mengetahui nilai NPV

dan IRR pada tiap harga perencanaan untuk dilihat pada harga atau nilai berapakah harga perencanaan tiket memiliki nilai yang paling relevan.

Dalam perhitungan analisis ekonomis dalam bab ini telah diketahui tahun keuntungan dimana modal awal kembali dengan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran C Tugas Akhir ini dan berikut merupakan rekapitulasi *Payback Period* pada tiap perencanaan harga tiket.



Gambar V. 1 Grafik *Payback Period* Ferry Hydrofoil

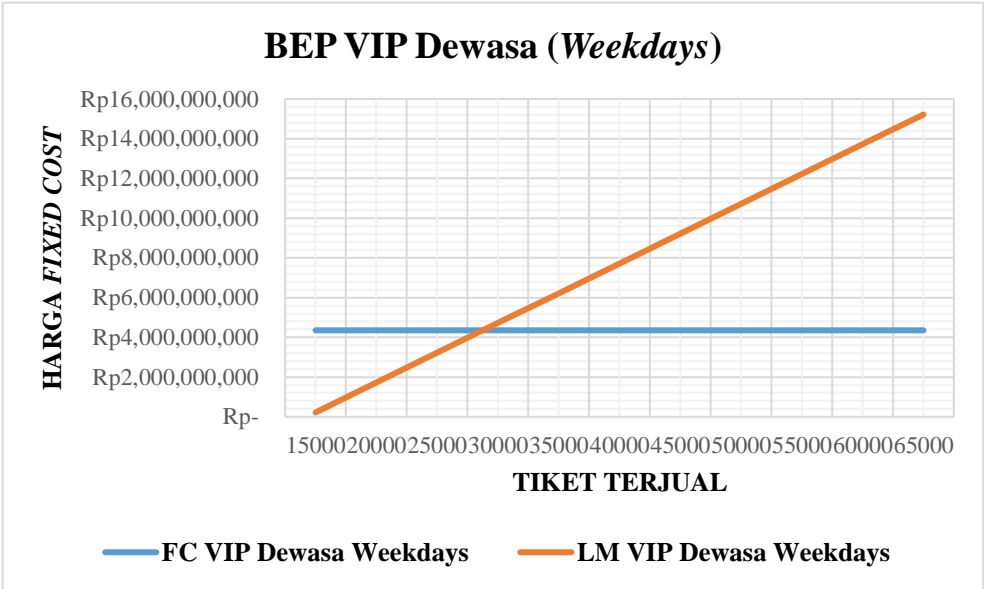
Pada Gambar V.1 Grafik *Payback Period* Ferry Hydrofoil dapat diketahui 3 garis kurva berbeda yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah penumpang (100% = 238 Penumpang, 70% = 170 Penumpang, dan 50% = 120 Penumpang) di mana masing – masing garis kurva memiliki 4 titik yang diklasifikasikan berdasarkan 4 variasi harga tiket yang telah ditentukan atau direncanakan sebelumnya.

V.4. *Break-even Point* (BEP)

Pada penentuan harga tiket penyeberangan *Ferry Hydrofoil* telah ditentukan berdasarkan acuan tiket kapal *ferry* yang telah ada di penyeberangan Batam – Singapura seperti perusahaan *Majestic Fast Ferry*, *Batamfast Ferry*, dan *Horizon Fast* serta hasil dari rekapitulasi kuesioner yang telah disebarkan sebelumnya. Oleh karena itu, penentuan harga tiket *Ferry Hydrofoil* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis tiket, yakni tiket *weekdays* (Senin – Jumat) dan *weekend* (Sabtu dan Minggu). Masing – masing jenis tiket tersebut diklasifikasikan lagi menjadi empat, yaitu tiket VIP Dewasa dan VIP Anak – anak di mana ditempatkan di *upper deck* dengan fasilitas dan pelayanan yang mewah seperti pelayanan dari pramugari lalu

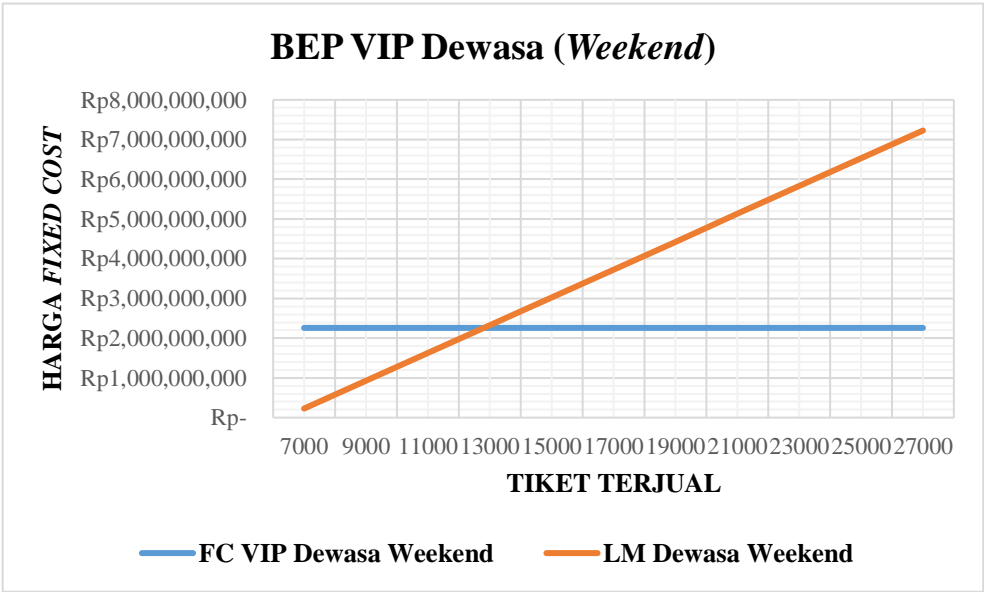
Economy Dewasa dan *Economy* Anak – anak yang ditempatkan di *main deck* tanpa mendapatkan pelayanan dari pramugari. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan BEP menurut penjualan tiket *Ferry Hydrofoil* penyeberangan Batam – Singapura pada beberapa perencanaan harga tiket.

1) BEP Perencanaan Harga Tiket 1



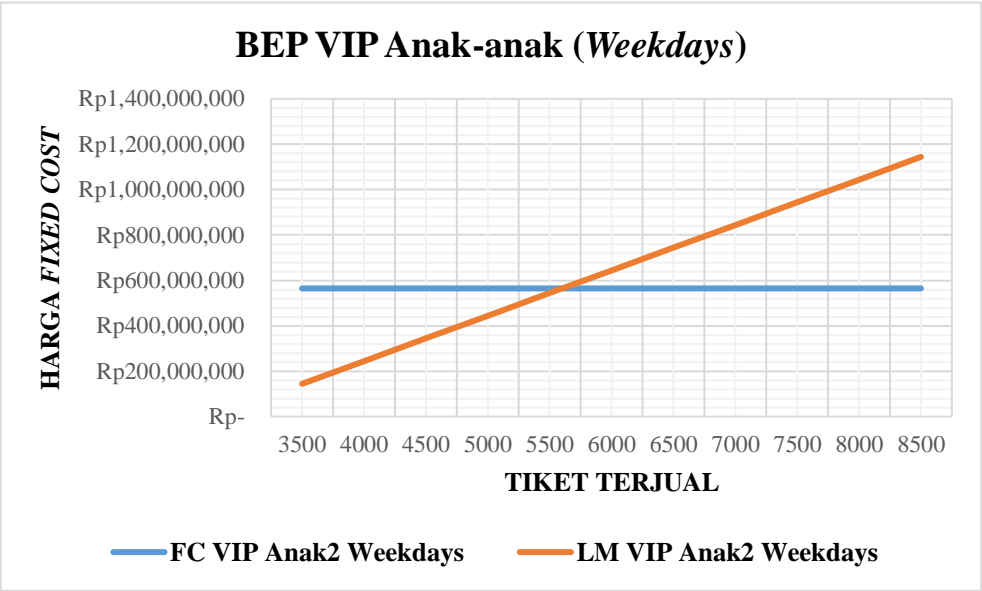
Gambar V. 2 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekdays*) [1]

Pada Gambar V.2 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekdays*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 30000 tiket yang terjual



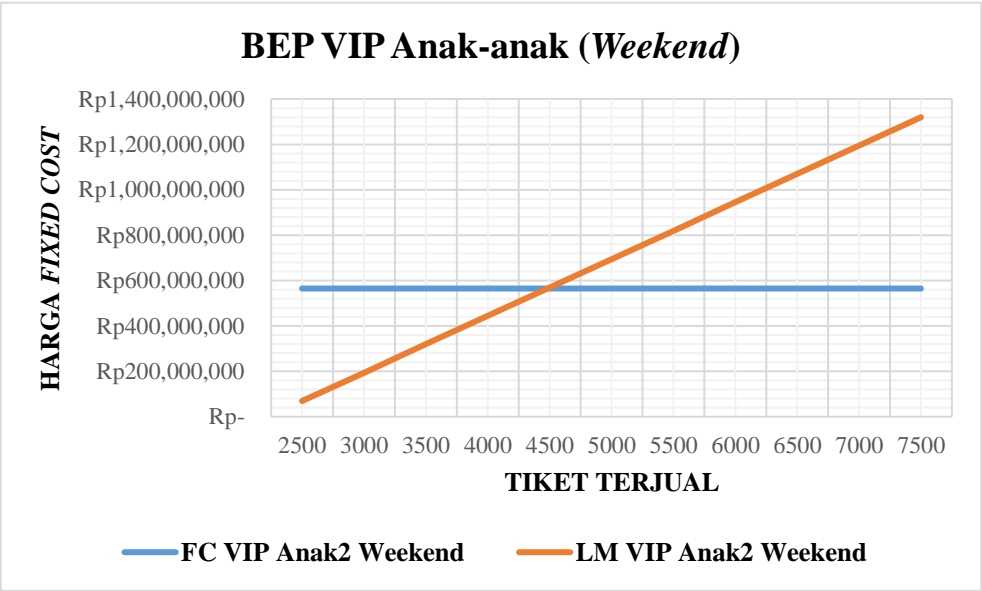
Gambar V. 3 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekend*) [1]

Pada Gambar V.3 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekend*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 13000 tiket yang terjual.



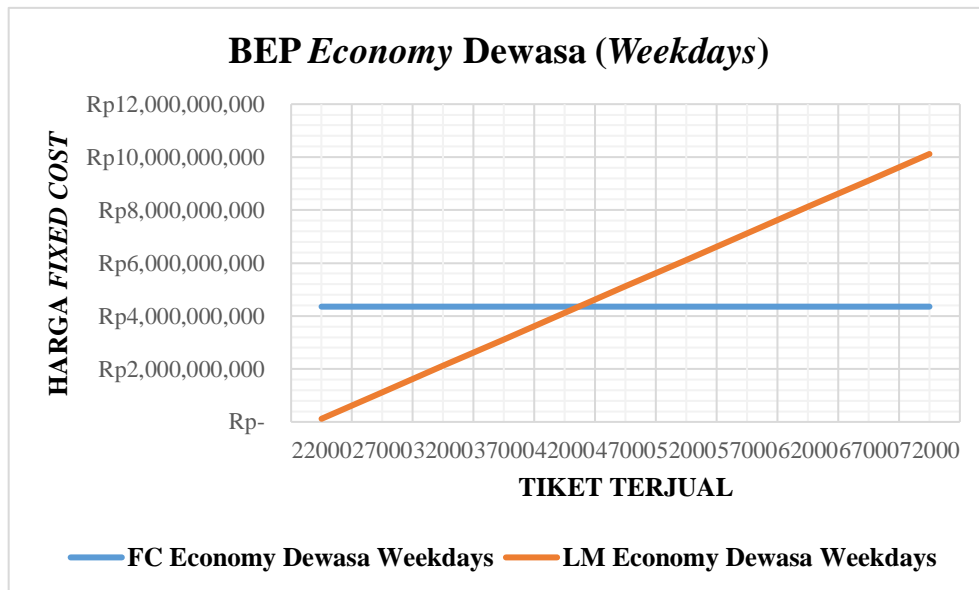
Gambar V. 4 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (*Weekdays*) [1]

Pada Gambar V.4 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (*Weekdays*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 6000 tiket yang terjual.



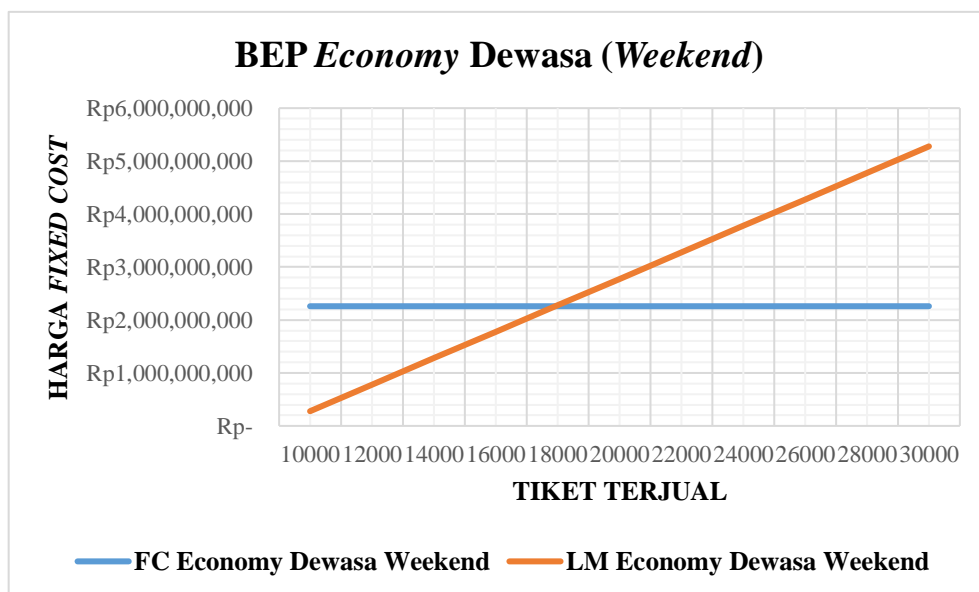
Gambar V. 5 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (*Weekend*) [1]

Pada Gambar V.5 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (*Weekend*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 4500 tiket yang terjual.



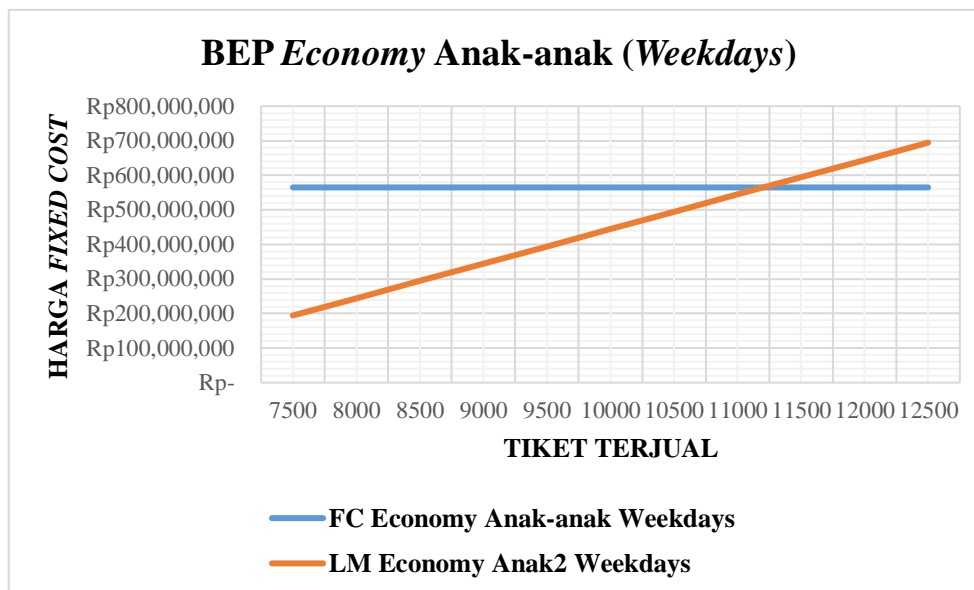
Gambar V. 6 Grafik BEP Tiket Economy Dewasa (Weekdays) [1]

Pada Gambar V.6 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 42000 tiket yang terjual.



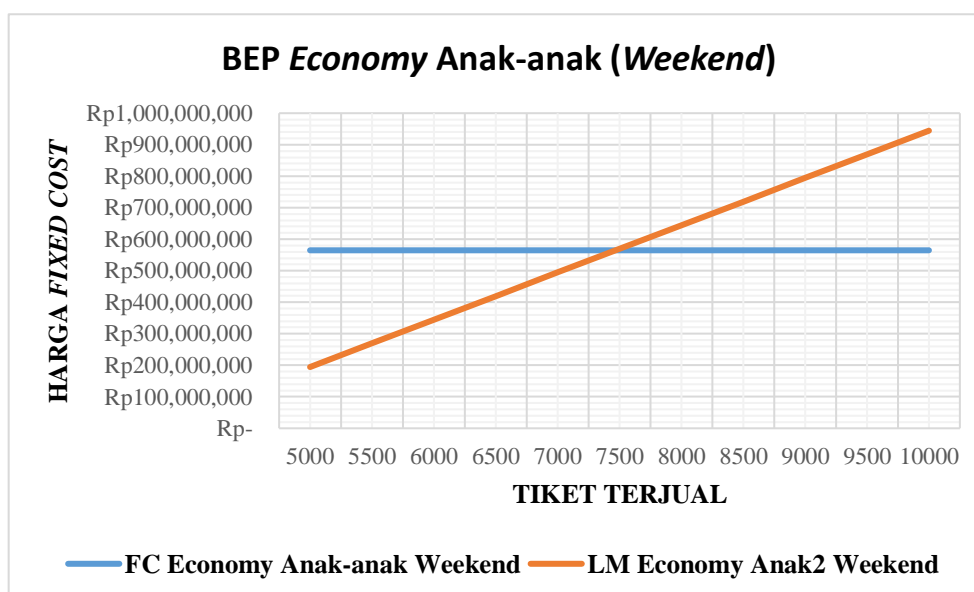
Gambar V. 7 Grafik BEP Tiket Economy Dewasa (Weekend) [1]

Pada Gambar V.7 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 18000 tiket yang terjual.



Gambar V. 8 Grafik BEP Tiket Economy Anak-anak (Weekdays) [1]

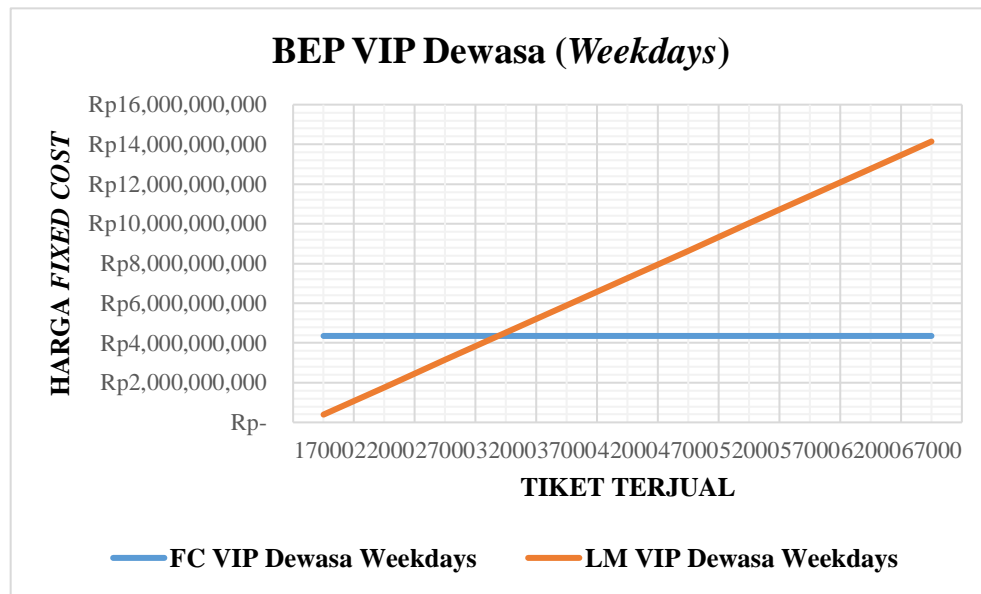
Pada Gambar V.8 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (*Weekdays*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 11000 tiket yang terjual.



Gambar V. 9 Grafik BEP Tiket Economy Anak-anak (Weekend) [1]

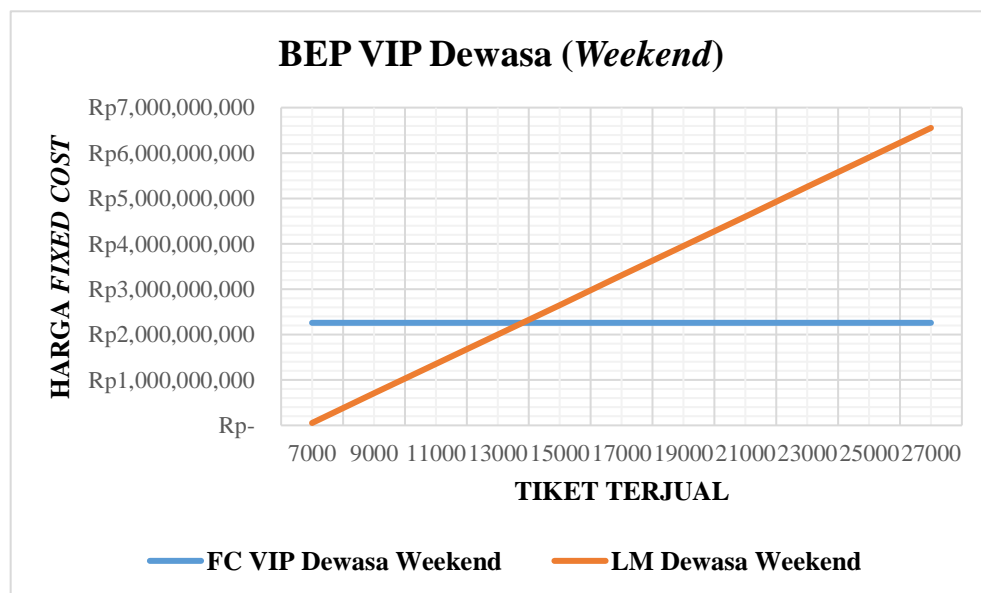
Pada Gambar V.9 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (*Weekend*) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 7500 tiket yang terjual.

2) BEP Perencanaan Harga Tiket 2



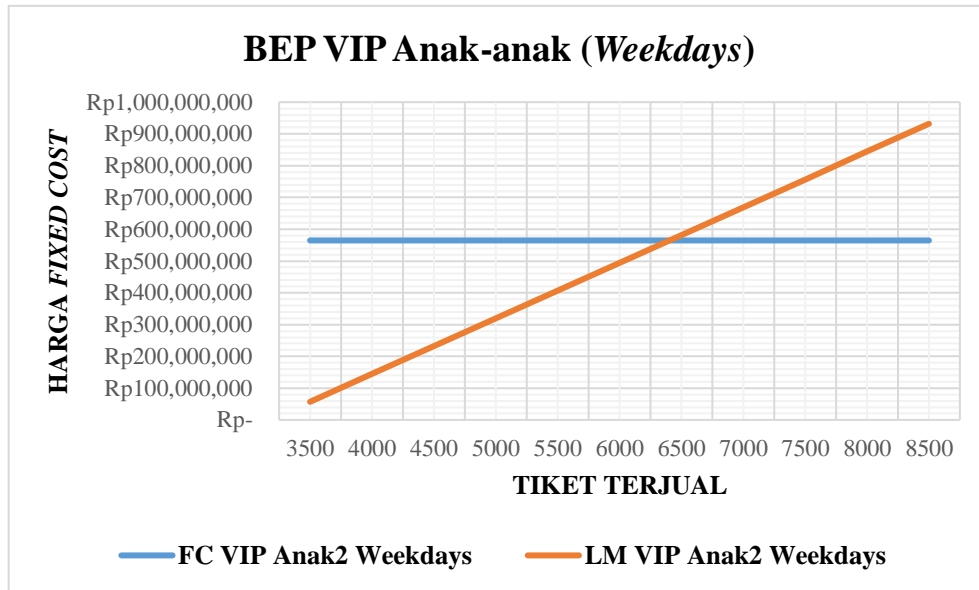
Gambar V. 10 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekdays) [2]

Pada Gambar V.10 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekdays*) [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 32000 tiket yang terjual.



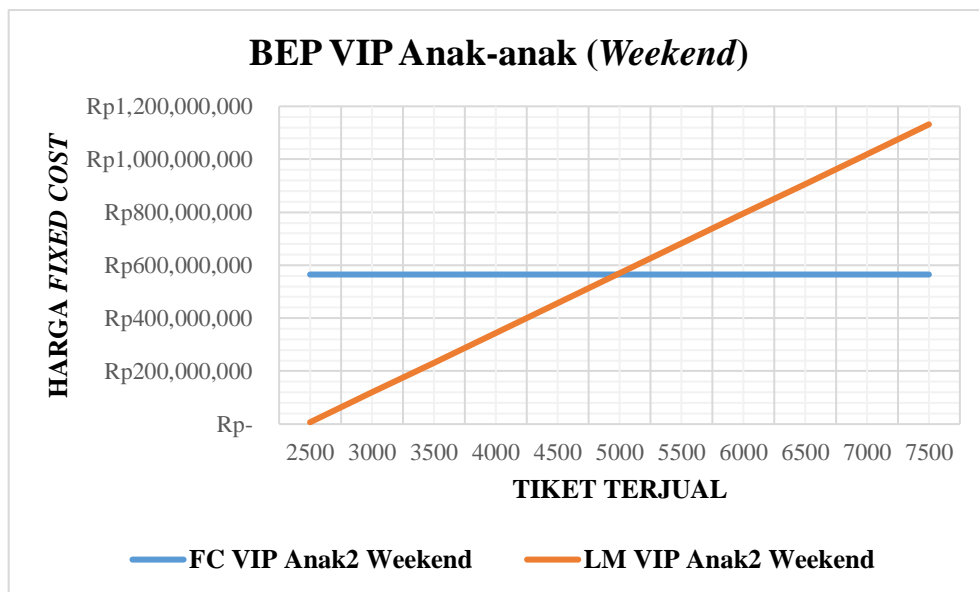
Gambar V. 11 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekend) [2]

Pada Gambar V.11 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekend*) [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 14000 tiket yang terjual.



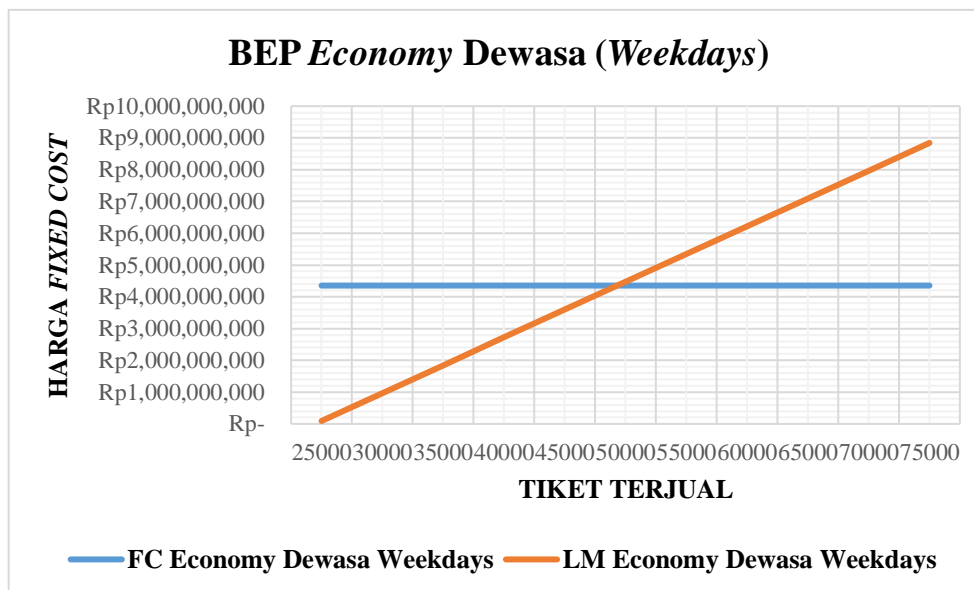
Gambar V. 12 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (Weekdays) [2]

Pada Gambar V.15 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekdays) [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 6500 tiket yang terjual.



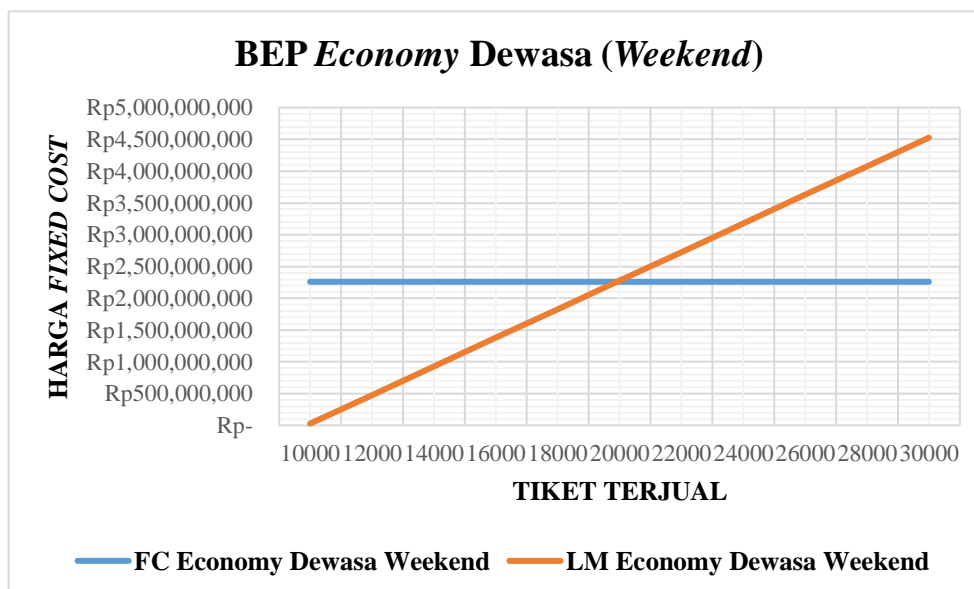
Gambar V. 13 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (Weekend) [2]

Pada Gambar V.13 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekend) [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 5000 tiket yang terjual.



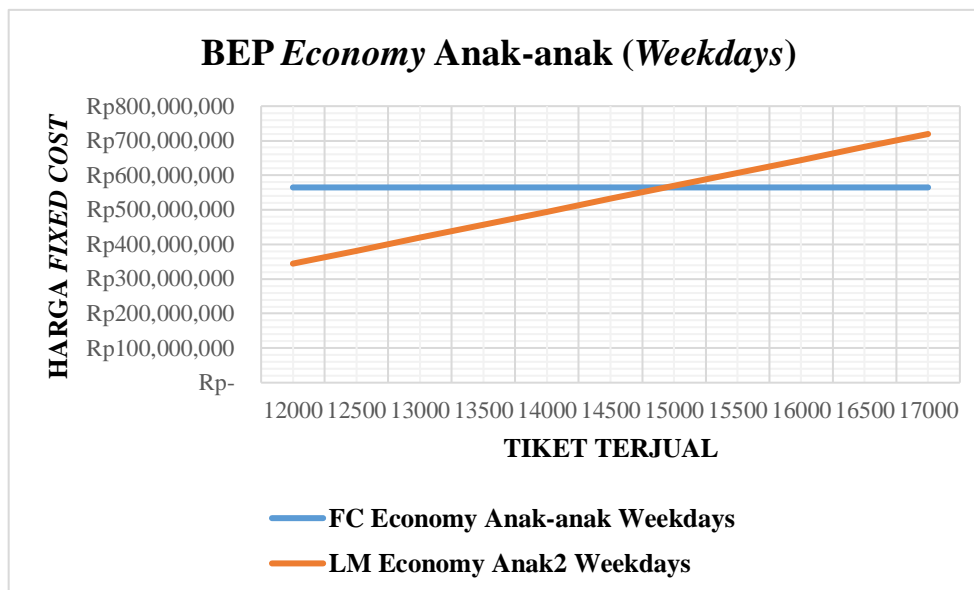
Gambar V. 14 Grafik BEP Tiket Economy Dewasa (Weekdays) [2]

Pada Gambar V.14 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 48000 tiket yang terjual.



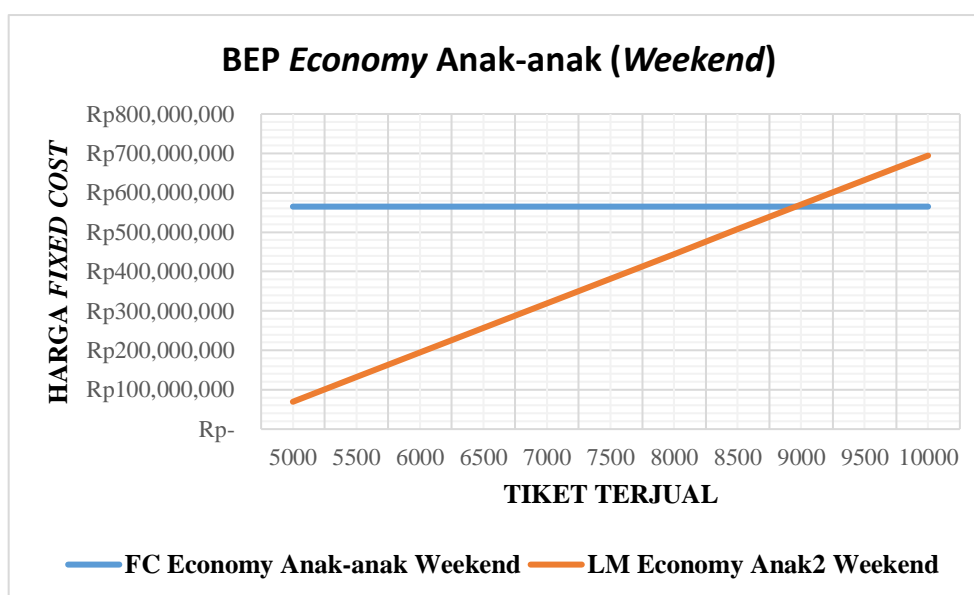
Gambar V. 15 Grafik BEP Tiket Economy Dewasa (Weekend) [2]

Pada Gambar V.15 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 20000 tiket yang terjual.



Gambar V. 16 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [2]

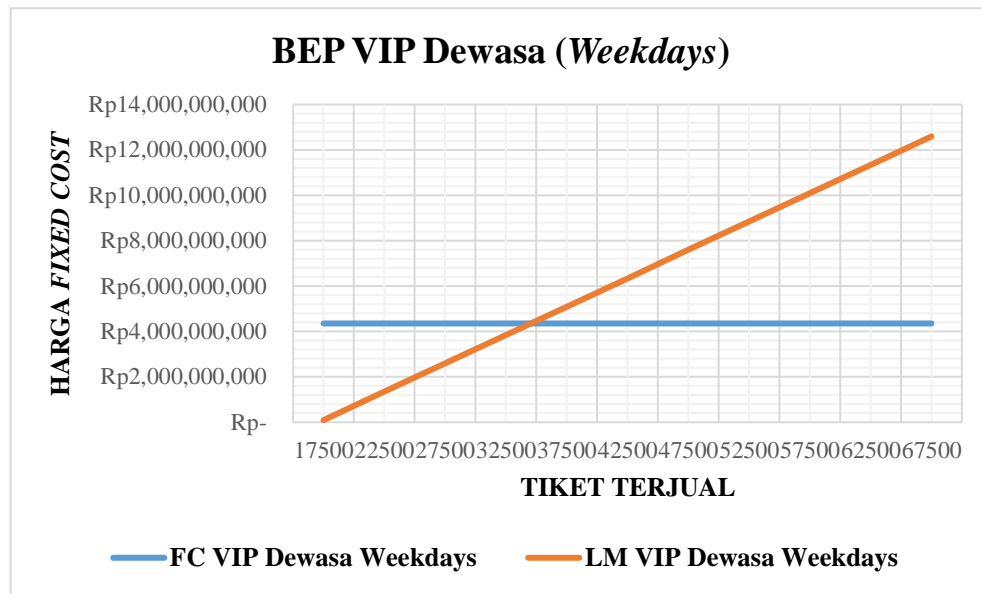
Pada Gambar V.16 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [1] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 15000 tiket yang terjual.



Gambar V. 17 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [2]

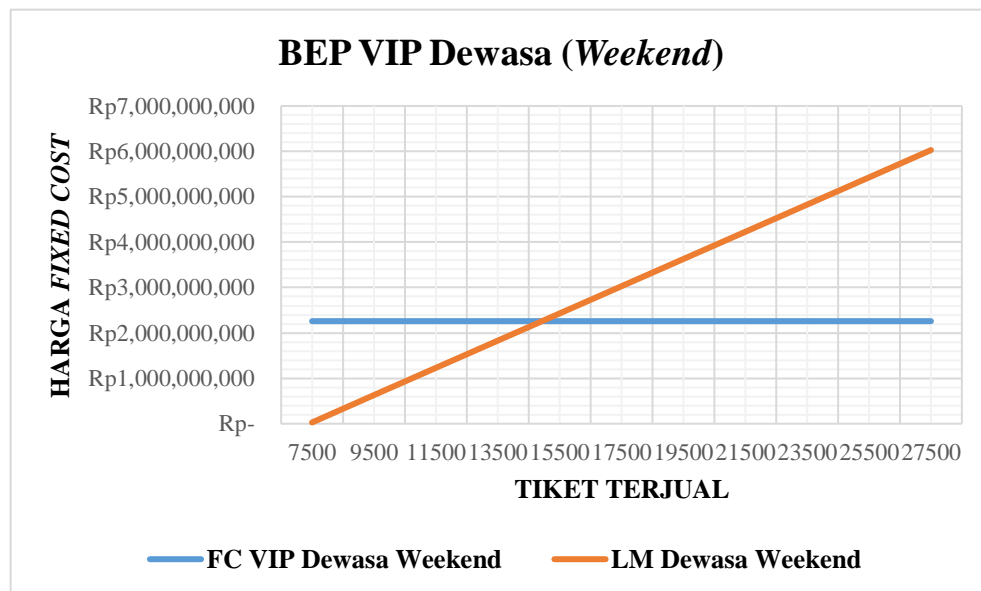
Pada Gambar V.20 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [2] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 9000 tiket yang terjual.

3) BEP Perencanaan Harga Tiket 3



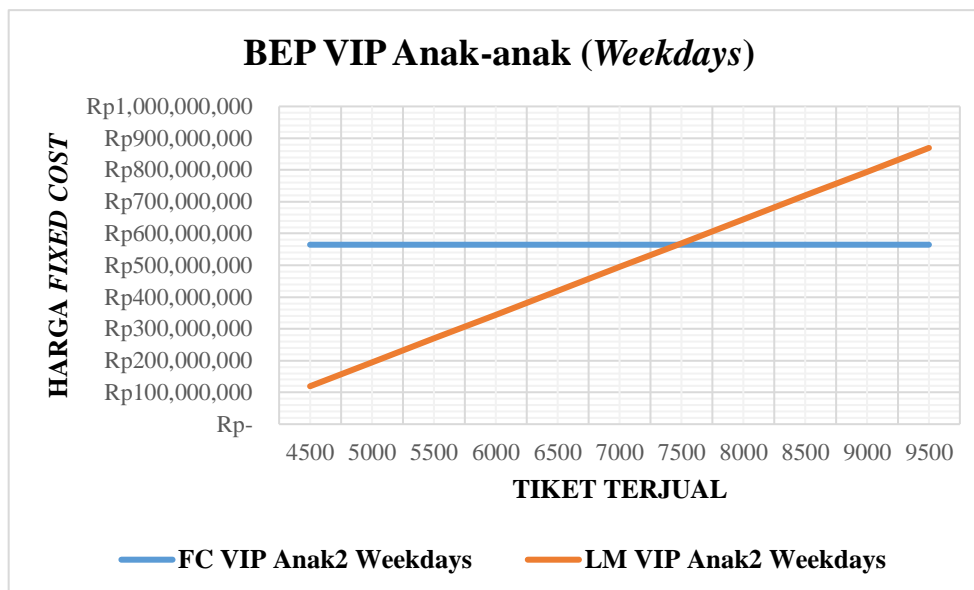
Gambar V. 18 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekdays) [3]

Pada Gambar V.18 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekdays) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 33500 tiket yang terjual.



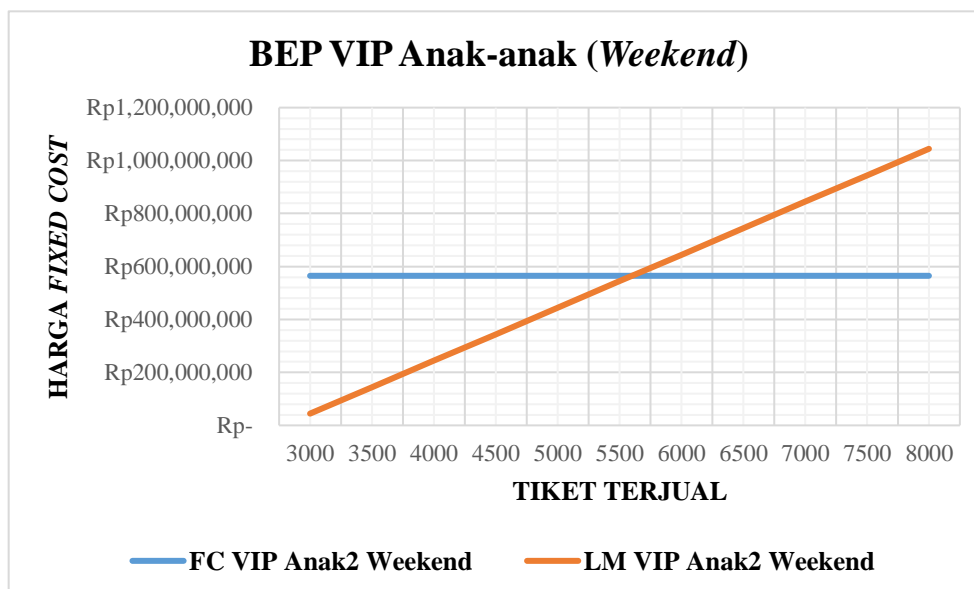
Gambar V. 19 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekend) [3]

Pada Gambar V.19 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (Weekend) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 14500 tiket yang terjual.



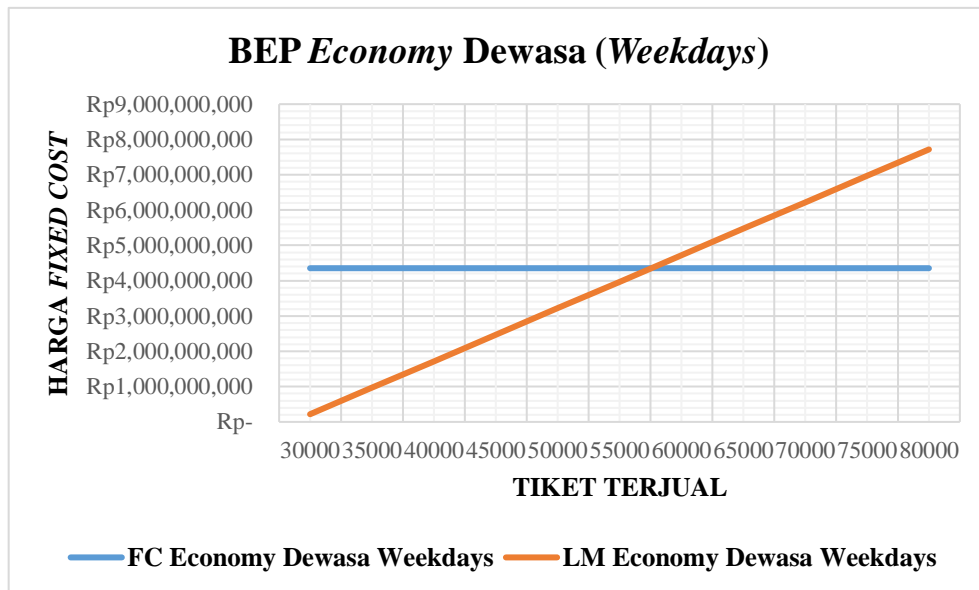
Gambar V. 20 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (Weekdays) [3]

Pada Gambar V.23 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekdays) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 7500 tiket yang terjual.



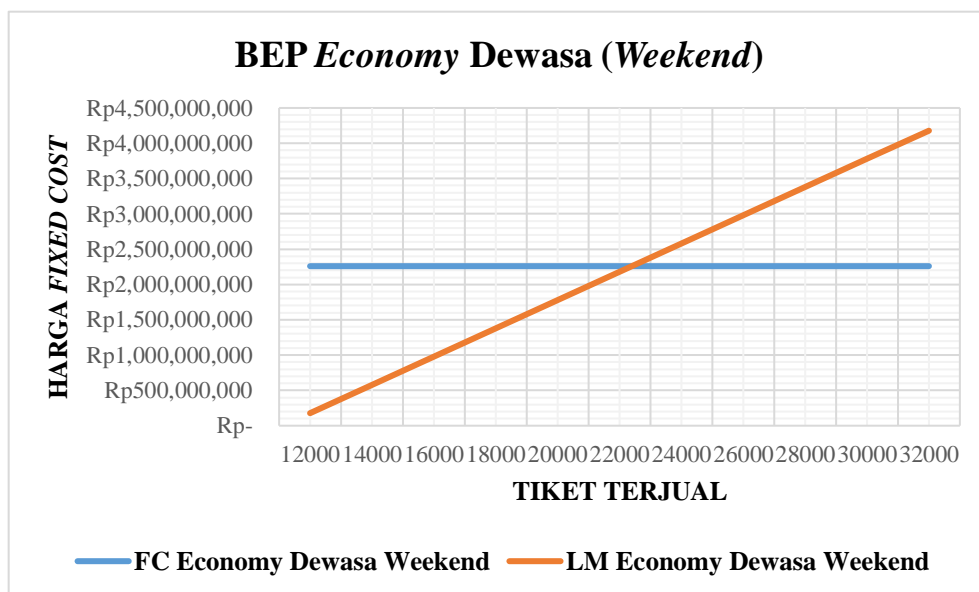
Gambar V. 21 Grafik BEP Tiket VIP Anak-anak (Weekend) [3]

Pada Gambar V.21 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekend) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 5500 tiket yang terjual.



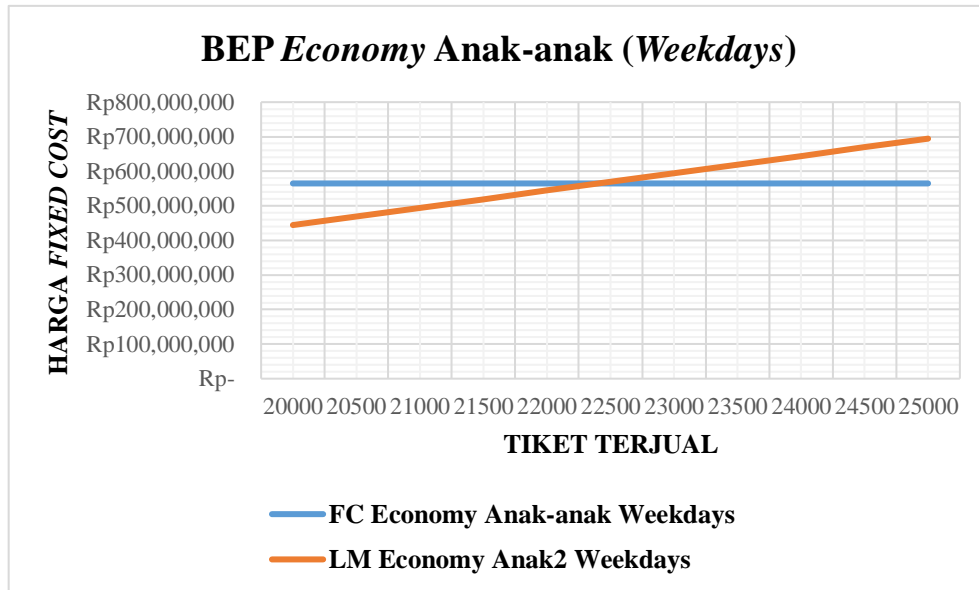
Gambar V. 22 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [3]

Pada Gambar V.22 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 58000 tiket yang terjual.



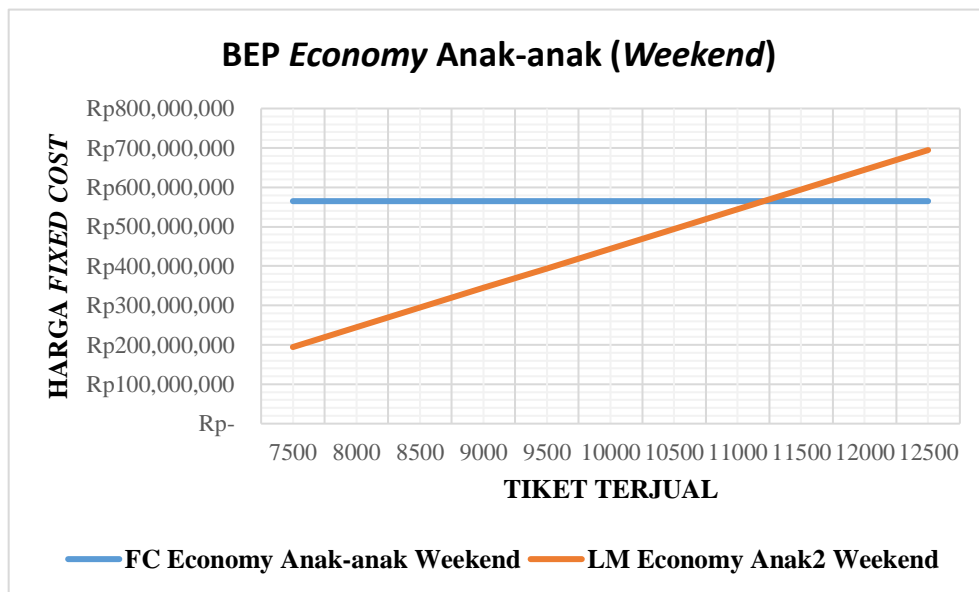
Gambar V. 23 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [3]

Pada Gambar V.23 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 22500 tiket yang terjual.



Gambar V. 24 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [3]

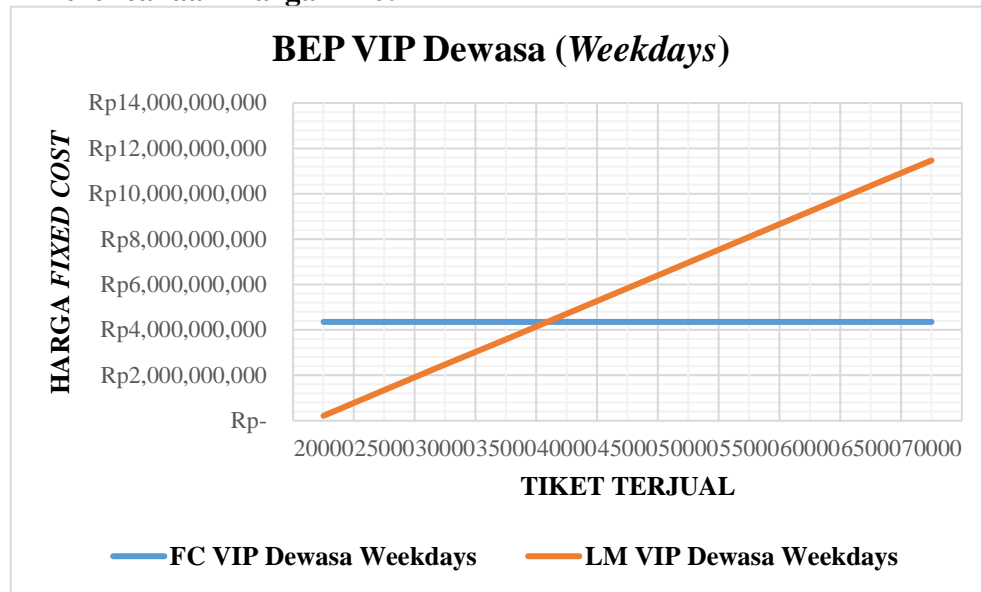
Pada Gambar V.24 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 22500 tiket yang terjual.



Gambar V. 25 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [3]

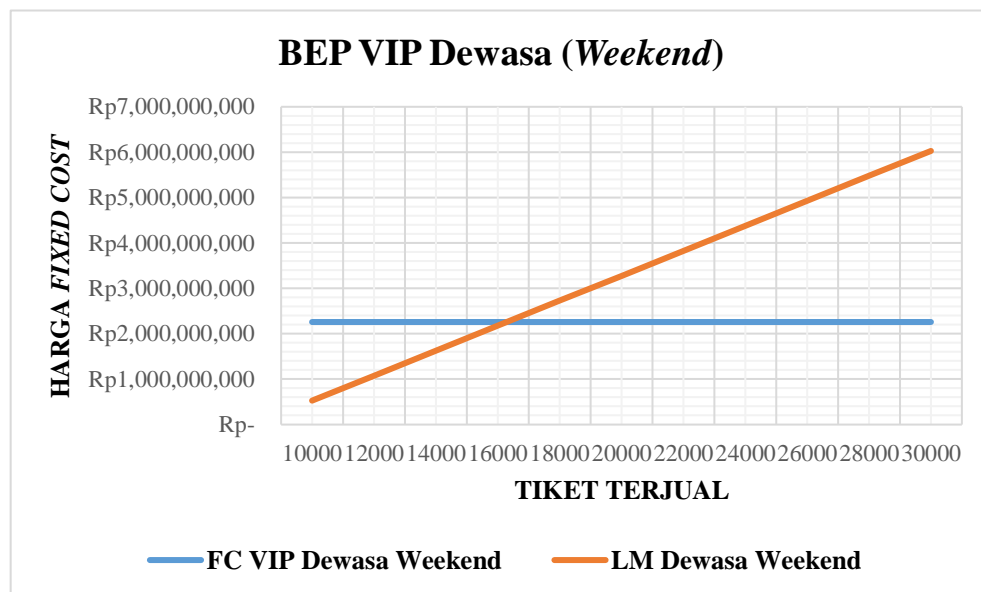
Pada Gambar V.25 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [3] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 11000 tiket yang terjual.

4) BEP Perencanaan Harga Tiket 4



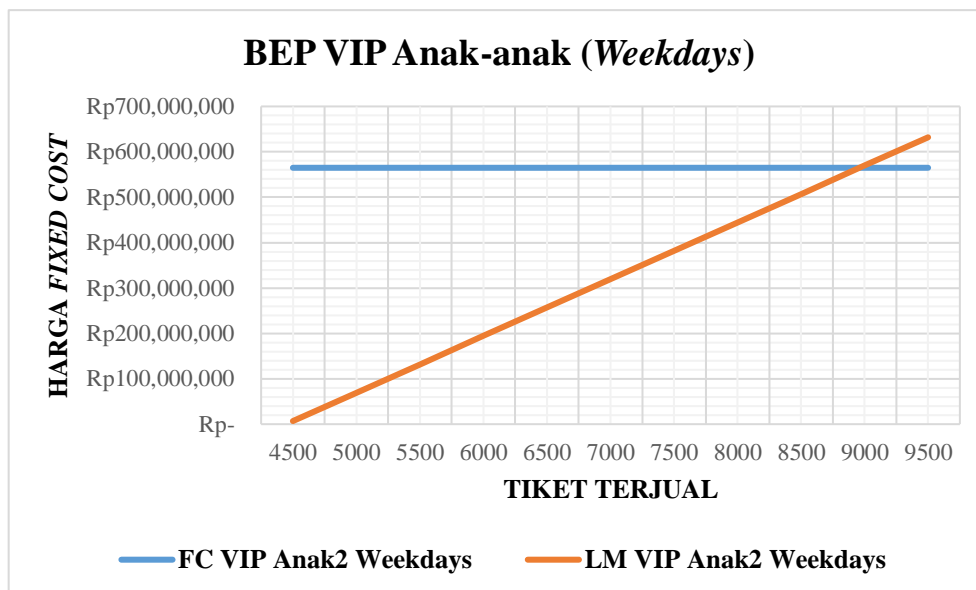
Gambar V. 26 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekdays*) [4]

Pada Gambar V.26 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekdays*) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 36000 tiket yang terjual.



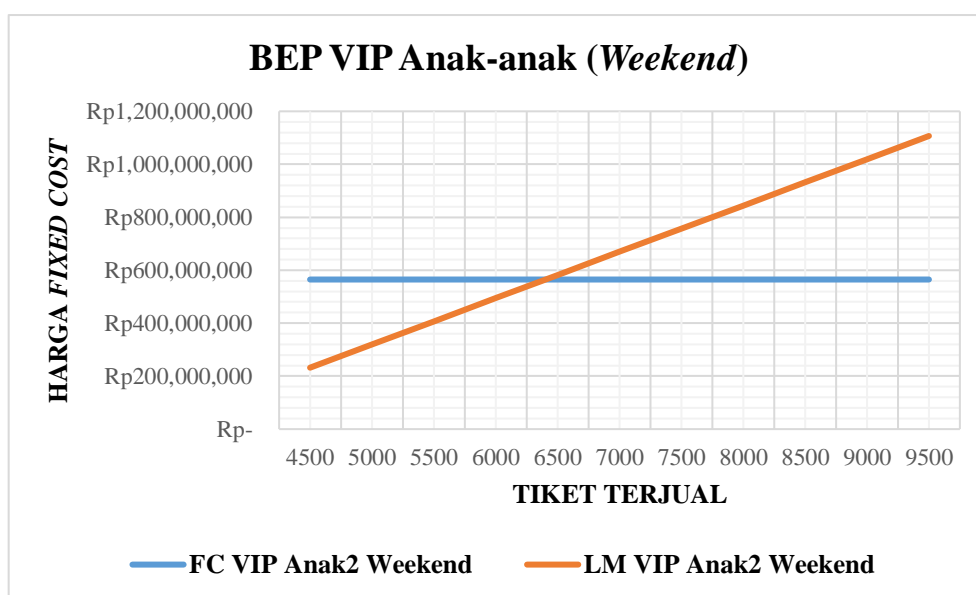
Gambar V. 27 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekend*) [4]

Pada Gambar V.27 Grafik BEP Tiket VIP Dewasa (*Weekend*) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 16000 tiket yang terjual.



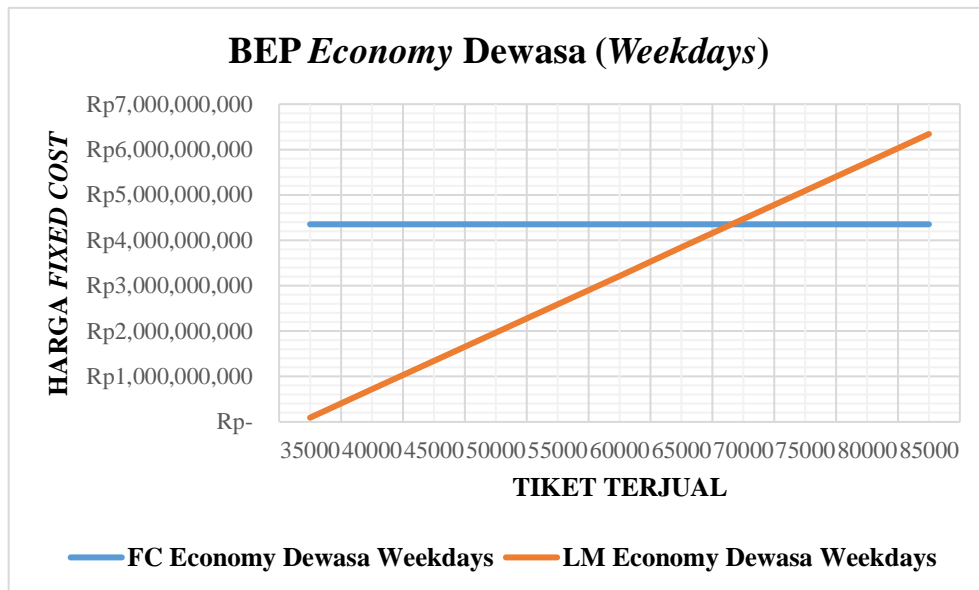
Gambar V. 28 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekdays) [4]

Pada Gambar V.28 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (*Weekdays*) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 9000 tiket yang terjual.



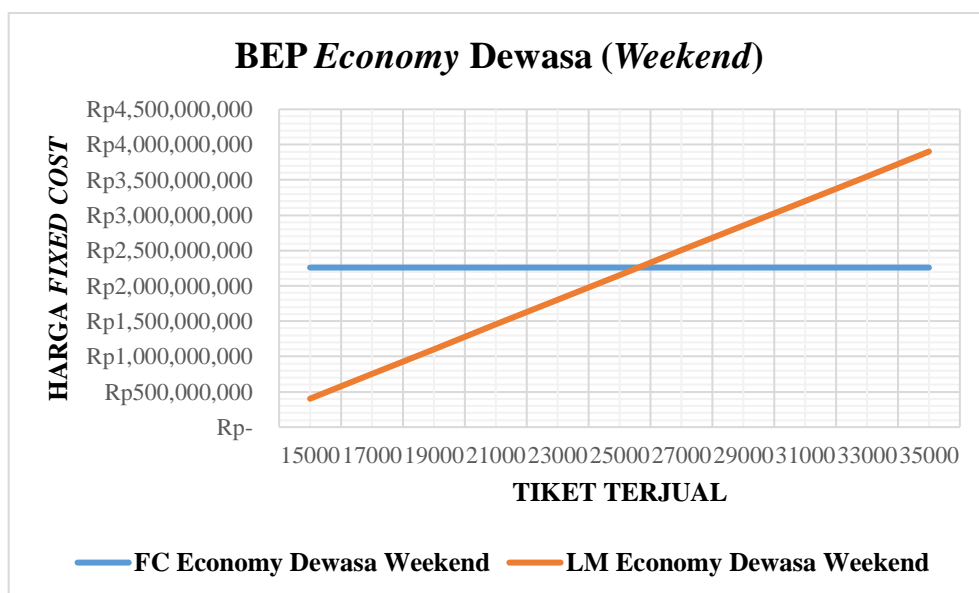
Gambar V. 29 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (Weekend) [4]

Pada Gambar V.29 Grafik BEP Tiket VIP Anak – anak (*Weekend*) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 6500 tiket yang terjual.



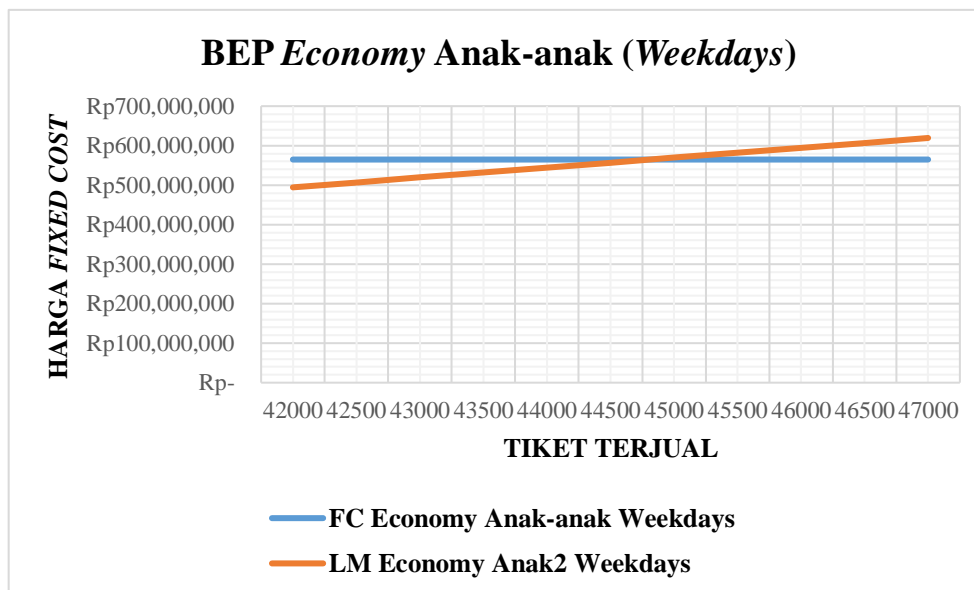
Gambar V. 30 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [4]

Pada Gambar V.30 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekdays)* [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 66000 tiket yang terjual.



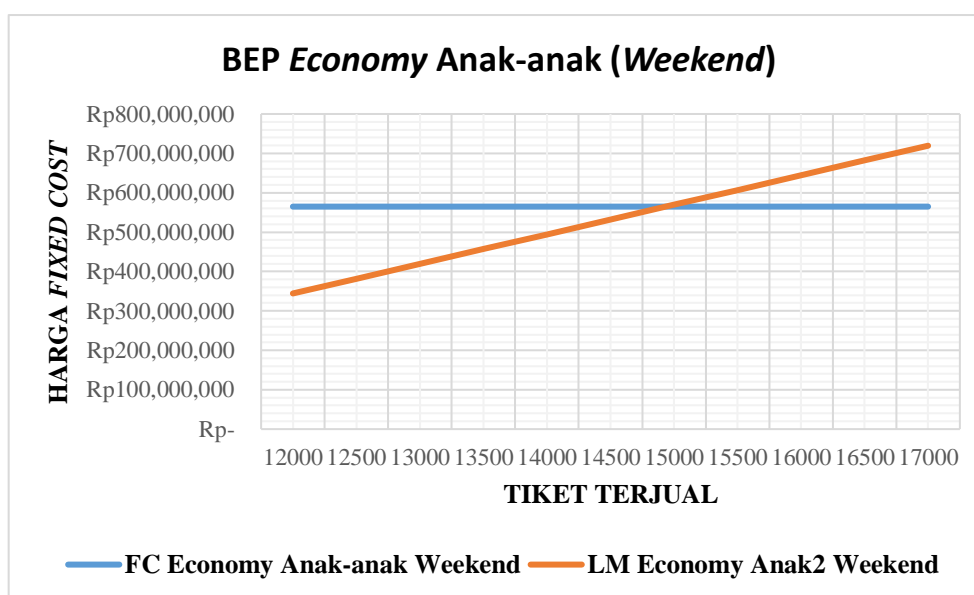
Gambar V. 31 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [4]

Pada Gambar V.31 Grafik BEP Tiket *Economy Dewasa (Weekend)* [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 25000 tiket yang terjual.



Gambar V. 32 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [4]

Pada Gambar V.32 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekdays) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 45000 tiket yang terjual.



Gambar V. 33 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [4]

Pada Gambar V.33 Grafik BEP Tiket *Economy* Anak – anak (Weekend) [4] terlihat bahwa titik impas berada pada saat tiket penjualan sudah mencapai sekitar 15000 tiket yang terjual.

V.5. Net Present Value (NPV)

Net Present Value adalah perbedaan antara nilai sekarang dari arus kas masuk dan nilai sekarang dari kas keluar. Digunakan dalam penganggaran modal untuk menganalisis probabilitas investasi yang diproyeksikan dan bertujuan untuk mengukur seberapa besar nilai untuk *stakeholders*, proses *capital budgeting* dapat dilihat sebagai langkah untuk mencari investasi dengan nilai NPV positif (Ross, 2014). Jika NPV bernilai positif investasi dapat diterima dan jika NPV bernilai negatif sebaiknya investasi ditolak. Berikut contoh perhitungan NPV *Ferry Hydrofoil* pada tahun kedua.

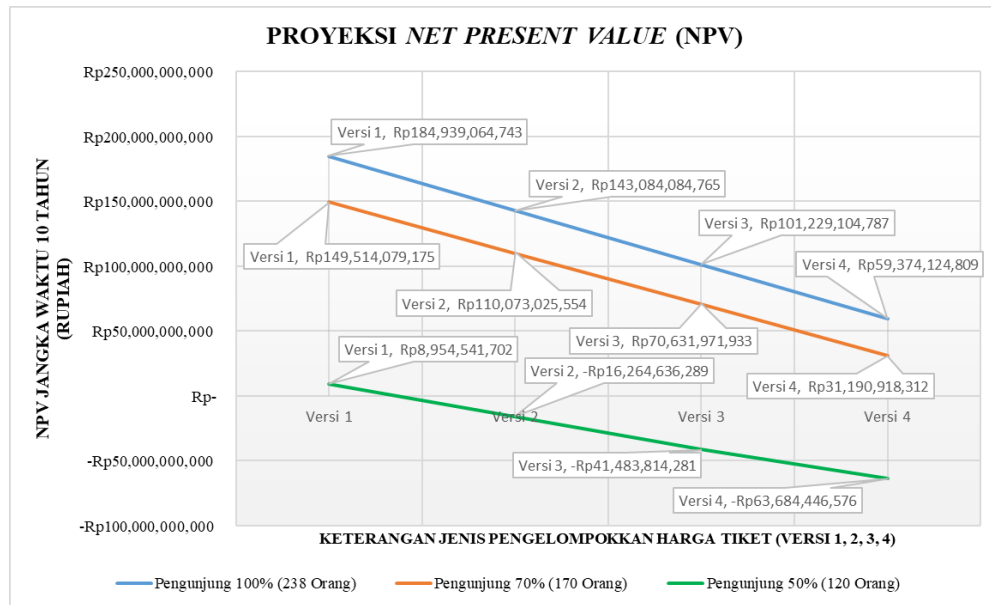
$$\begin{aligned}
 PV &= \sum (\text{Keuntungan bersih} \times \text{discount factor}) \\
 \text{Discount factor} &= \frac{1}{(1 + \text{interest rate})^{\text{year}}} \\
 PV &= (\text{Rp } 24,118,579,617 \times 0.8698) \\
 &= \text{Rp } 20,980,263,812
 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai PV per tahunnya, lalu dikurangi dengan nilai investasi awal, dalam kasus ini biaya pembangunan *Ferry Hydrofoil*. Untuk mendapatkan nilai NPV diperlukan tahun rencana investasi, dalam kasus ini tahun investasi diestimasikan 10 tahun agar mendapat nilai NPV yang positif, pembangunan awal diproyeksikan mulai dari tahun 2018 dan berfungsi secara operasional sampai dengan tahun 2029. Dalam perhitungan NPV di bawah ini telah dilakukan analisis terhadap harga NPV pada masing – masing versi harga tiket yang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu penumpang 100%, 70% dan 50%. Rekapitulasi perhitungan NPV *Ferry Hydrofoil* adalah sebagai berikut.

Tabel V. 8 Rekapitulasi Perhitungan NPV *Ferry Hydrofoil*

| Klasifikasi Harga Tiket | NPV | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Pengunjung | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| Versi 1 | Rp 184,939,064,743 | Rp 149,514,079,175 | Rp 8,954,541,702 |
| Versi 2 | Rp 143,084,084,765 | Rp 110,073,025,554 | -Rp 16,264,636,289 |
| Versi 3 | Rp 101,229,104,787 | Rp 70,631,971,933 | -Rp 41,483,814,281 |
| Versi 4 | Rp 59,374,124,809 | Rp 31,190,918,312 | -Rp 63,684,446,576 |

Berikut merupakan grafik rekapitulasi perhitungan NPV *Ferry Hydrofoil*.



Gambar V. 34 Grafik Rekapitulasi NPV *Ferry Hydrofoil*

Pada Gambar V.34 Grafik Rekapitulasi NPV *Ferry Hydrofoil* dapat diketahui nilai NPV negatif pada harga tiket versi 2, 3, dan 4 dengan kondisi pengunjung 50% (120 orang) sehingga pada kondisi tersebut investasi tidak layak dilakukan.

V.6. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR adalah tingkat bunga dimana nilai NPV dari semua *cash flows* (positif ataupun negatif) dari suatu proyek atau investasi bernilai nol. IRR digunakan untuk mengevaluasi daya tarik dari suatu proyek atau investasi (Ross, 2014). Jika nilai IRR lebih besar dari bunga pinjaman maka investasi dapat diterima dan sebaliknya. Perhitungan IRR sama dengan perhitungan NPV namun butuh variabel *interest rate* kedua yang berdekatan dengan *interest rate* yang pertama untuk menghitungnya.

$$IRR = \left(P_1 - C_1 \times \frac{P_2 - P_1}{C_2 - C_1} \right)$$

P1 = suku bunga pinjaman 1

P2 = suku bunga pinjaman 2

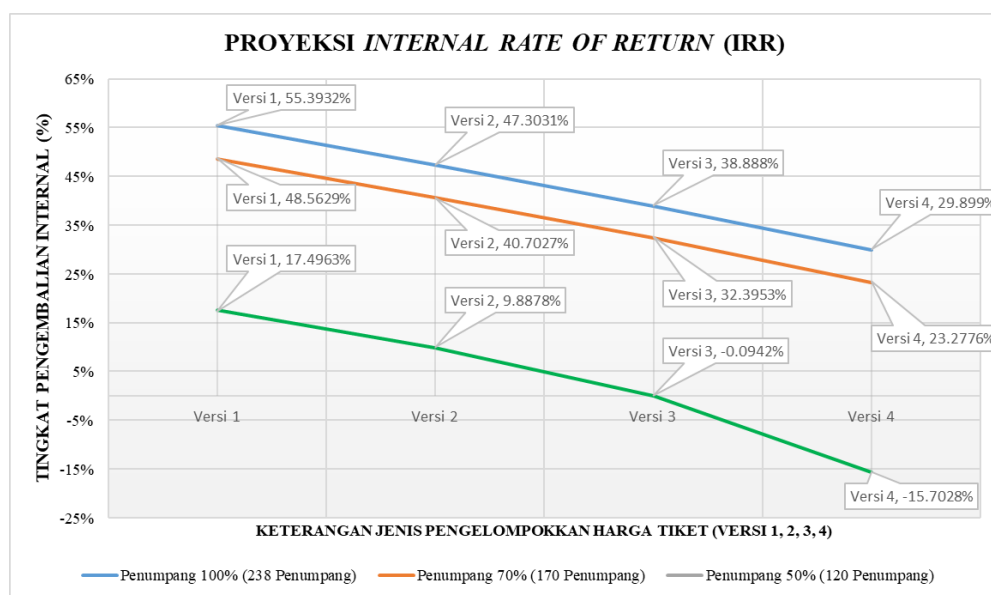
C1 = NPV 1

C2 = NPV 2

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan IRR *Ferry Hydrofoil* yang dirangkum dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel V. 9 Rekapitulasi Perhitungan IRR *Ferry Hydrofoil*

| Klasifikasi Harga Tiket | IRR | | |
|-------------------------|------------|----------|-----------|
| | Pengunjung | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| Versi 1 | 55.3932% | 48.5629% | 17.4963% |
| Versi 2 | 47.3031% | 40.7027% | 9.8878% |
| Versi 3 | 38.888% | 32.3953% | -0.0942% |
| Versi 4 | 29.899% | 23.2776% | -15.7028% |



Gambar V. 35 Grafik Rekapitulasi Perhitungan IRR *Ferry Hydrofoil*

Setelah dilakukan perhitungan IRR pada Tabel V.9 Rekapitulasi Perhitungan IRR *Ferry Hydrofoil* dan dapat dilihat pada Gambar V. 35 Grafik Rekapitulasi Perhitungan IRR *Ferry Hydrofoil* bahwa pada setiap kurva *load factor* klasifikasi perencanaan harga tiket terdapat berbagai nilai yang dihasilkan. Dari berbagai nilai tersebut tercantum bahwa terdapat tiga kondisi yang tidak layak dilakukan investasi pada klasifikasi harga tiket versi 2, 3, dan 4 dengan penumpang 50% (120 orang) dikarenakan pada kondisi tersebut nilai IRR *Ferry Hydrofoil* adalah sebesar 9.8878%, -0.0942%, dan -15.7028% di mana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan suku bunga pinjaman pada Bank Mandiri yaitu 13.5%.

Dapat disimpulkan bahwa nilai IRR klasifikasi harga tiket versi 1 pada tiap *load factor* memiliki nilai yang lebih besar dari suku bunga pinjaman Bank yaitu 13.5% di mana nilai IRR klasifikasi harga tiket versi 1 sebesar 55.3932% untuk 100% jumlah penumpang (238

penumpang), sebesar 48.5629% untuk 70% jumlah penumpang (170 penumpang), dan sebesar 17.4963% untuk 50% jumlah penumpang (120 penumpang) sehingga investasi layak dilakukan untuk jangka waktu investasi selama 8 tahun. Kemudian pada klasifikasi harga tiket versi 1 dapat dijadikan sebagai penentuan harga tiket dikarenakan harga yang kurang lebih sama dengan existing ferries pada penyeberangan ferry Batam – Singapura dengan fasilitas yang lebih baik dan tetap memenuhi persyaratan kelayakan investasi yang ada dan juga payback period yang diperoleh tidak dalam jangka waktu yang lama yaitu dalam waktu 3 tahun 2 bulan serta apabila dalam kondisi penumpang yang tidak terlalu ramai, Ferry Hydrofoil tetap dalam kondisi layak investasi. Berikut merupakan rincian pemilihan harga tiket yang dapat dilihat pada beberapa tabel berikut ini.

Tabel V. 10 Pemilihan Harga Tiket Ferry Hydrofoil

| Klasifikasi Tiket | Versi 1 | Versi 2 | Versi 3 | Versi 4 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tiket VIP (Dewasa) - Weekdays | Rp300,000 | Rp275,000 | Rp250,000 | Rp225,000 |
| Tiket VIP (Dewasa) - Weekend | Rp350,000 | Rp325,000 | Rp300,000 | Rp275,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - Weekdays | Rp200,000 | Rp175,000 | Rp150,000 | Rp125,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - Weekend | Rp250,000 | Rp225,000 | Rp200,000 | Rp175,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - Weekdays | Rp200,000 | Rp175,000 | Rp150,000 | Rp125,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - Weekend | Rp250,000 | Rp225,000 | Rp200,000 | Rp175,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - Weekdays | Rp100,000 | Rp 75,000 | Rp 50,000 | Rp 25,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - Weekend | Rp150,000 | Rp125,000 | Rp100,000 | Rp 75,000 |

Tabel V. 13 Payback Period Harga Tiket Versi 1

| Klasifikasi Harga Tiket | Payback Period | | |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Penumpang | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| Versi 1 | 3 Tahun 2 Bulan | 3 Tahun 5 Bulan | 6 Tahun 11 Bulan |
| Versi 2 | 3 Tahun 6 Bulan | 3 Tahun 11 Bulan | 8 Tahun 9 Bulan |
| Versi 3 | 4 Tahun 1 Bulan | 4 Tahun 7 Bulan | 12 Tahun 1 Bulan |
| Versi 4 | 4 Tahun 12 Bulan | 6 Tahun 1 Bulan | > 15 Tahun |

Tabel V. 12 Nilai NPV Harga Tiket Versi 1

| Klasifikasi Harga Tiket | NPV | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Pengunjung | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| Versi 1 | Rp 184,939,064,743 | Rp 149,514,079,175 | Rp 8,954,541,702 |
| Versi 2 | Rp 143,084,084,765 | Rp 110,073,025,554 | -Rp 16,264,636,289 |
| Versi 3 | Rp 101,229,104,787 | Rp 70,631,971,933 | -Rp 41,483,814,281 |
| Versi 4 | Rp 59,374,124,809 | Rp 31,190,918,312 | -Rp 63,684,446,576 |

Tabel V. 11 Nilai IRR Harga Tiket Versi 1

| Klasifikasi Harga Tiket | IRR | | |
|-------------------------|------------|----------|-----------|
| | Pengunjung | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| Versi 1 | 55.3932% | 48.5629% | 17.4963% |
| Versi 2 | 47.3031% | 40.7027% | 9.8878% |
| Versi 3 | 38.888% | 32.3953% | -0.0942% |
| Versi 4 | 29.899% | 23.2776% | -15.7028% |

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Perhitungan Analisis Teknis dan Ekonomis yang telah dilakukan baik dari segi teknis maupun ekonomis, maka dari Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis ekonomis (bersifat asumsi dengan data sekunder) *existing ferries* pada penyeberangan Batam – Singapura didapatkan penumpang yang dapat diangkut sebanyak 238 penumpang dan 10 *crew*.
2. Ukuran utama *Ferry Hydrofoil* yang didapat adalah:
 - *Length Overall* = 38.5 meter
 - *Length between Perpendicular* = 35.5 meter
 - *Breadth* = 8.7 meter
 - *Height (Depth)* = 2.5 meter
 - *Draught* = 1.63 meter
 - *Block Coefficient* = 0.436
3. Jenis *foil* yang digunakan pada bagian depan dan belakang menggunakan NACA 64_A-212 atau 64₁-212 sedangkan jenis *foil* untuk *strut* bagian depan dan belakang adalah NACA 0015.
4. Dimensi *foil* belakang adalah (*span* = 8.7 meter; *chord* = 1.15 m; AR = 7.5652) dan *foil* depan adalah (*span* = 6.5 meter; *chord* = 1.15 meter; AR = 5.652). Sedangkan dimensi *strut* belakang bagian luar adalah (*span* = 7.2 meter; *chord* = 1.15 meter; AR = 6.260), *strut* belakang bagian tengah (*span* = 4.025 meter; *chord* = 2.5 meter; AR = 1.61), dan *strut* bagian depan (*span* = 5 meter; *chord* = 1.15 meter; AR = 4.348).
5. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), Rencana Keselamatan (*Safety Plan*), dan Model 3 Dimensi *Ferry Hydrofoil* dapat dilihat pada Lampiran pada Tugas Akhir ini.

6. Jarak tempuh Batam menuju Singapura ± 22 *nautical miles* atau ± 38 kilometer biasanya ditempuh dalam waktu hingga 60 menit, dengan adanya *Ferry Hydrofoil* ini dapat ditempuh dalam waktu 30 menit dengan kecepatan 40 knot.
7. Pada perencanaan keselamatan *Ferry Hydrofoil*, jumlah *crew* dan penumpang juga diperhitungkan. Berdasarkan ketentuan SOLAS 1974, terdapat penambahan *item* sebagai berikut:
 - a. 285 *life jackets*, yang terbagi menjadi 240 *life jackets* untuk penumpang dewasa, 10 *life jackets* untuk *crew*, dan 35 *life jackets* untuk penumpang anak – anak.
 - b. 16 *life buoy* yang terbagi menjadi 2 *life buoy*, 4 *life buoy with line*, 6 *life buoy with self – igniting lights*, 4 *life buoy with smoke signal*.
 - c. 4 *life rafts* yang terbagi menjadi 2 pada *starboard side* dan 2 pada *portside*.
8. Besar biaya total pembangunan *Ferry Hydrofoil* adalah sebesar Rp 74,598,978,402 dengan pemilihan klasifikasi harga tiket Versi 1 dan estimasi terjadinya *Payback Period*, nilai NPV dan IRR pada Versi 1 adalah sebagai berikut.

Tabel VI. 1 Kesimpulan Perhitungan Kelayakan Investasi *Ferry Hydrofoil*

| Keterangan | Rekapitulasi Perhitungan Investasi Harga Tiket Versi 1 | | |
|--------------------------------------|--|--------------------|------------------|
| | Penumpang | | |
| | 100% | 70% | 50% |
| <i>Payback Period</i> | 3 Tahun 2 Bulan | 3 Tahun 5 Bulan | 6 Tahun 11 Bulan |
| <i>Net Present Value (NPV)</i> | Rp 184,939,064,743 | Rp 149,514,079,175 | Rp 8,954,541,702 |
| <i>Internal Rate of Return (IRR)</i> | 55.3932% | 48.5629% | 17.4963% |

VI.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam desain *Ferry Hydrofoil* ini masih bersifat konseptual, maka perhitungan konstruksi kapal agar lebih lebih diperinci agar mendekati kondisi sesungguhnya.
2. Perlu adanya pendalaman materi tentang desain kapal dengan bahan aluminium karena dalam perkuliahan sebagian besar diajarkan desain kapal dengan bahan baja.
3. Perlu dilakukan pemeriksaan material konstruksi kapal lebih lanjut untuk mengetahui struktur konstruksi kapal, terutama pada kapal berbahan aluminium.
4. Perlu dilakukan analisis khusus dalam penentuan dan desain *foil* yang lebih akurat karena dalam Tugas Akhir ini masih sebatas konseptual.
5. Perlu dilakukan perhitungan analisis kelayakan investasi yang lebih akurat agar nilai investasi layak pada industri kapal *ferry* karena pada Tugas Akhir ini hanya sebatas garis besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, I. H., & von Doenhoff, A. E. (1949). *Theory of Wing Sections Including a Summary of Airfoil Data*. New York, United States of America: Dover Publications, Inc.
- Adiba, N. F. (2016). *Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat di Sungai Ciliwung Jakarta*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Adji, S. W. (2009). *Waterjet Propulsion System*.
- Airfoil Tools. (2017, December 8). Retrieved from Airfoil Tools: <http://airfoiltools.com/>
- Akbar, D. Y. (2015). *Analisis Teknis dan Ekonomis Deck Cargo Barge 250 FT Menjadi Restobarge Untuk Daerah Perairan Gili Trawangan - Gili Meno, Lombok*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Almeter, J. M. (1993, October). Resistance Prediction of Planing Hulls: State of the Art. *Marine Technology*, Vol. 30, No. 4, 297-307.
- Batam, B. P. (2017, Maret). Data Pelabuhan Laut Batam. *Rekapitulasi Kunjungan Kapal Penumpang dan Naik Turun Penumpang di Pelabuhan Batam Berdasarkan Wilayah Kerja*. Batam: Badan Pengusahaan (BP) Batam.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2016). *Rules for the Classification and Construction - Part 1. Seagoing Ships (Volume II: Rules for Classification and Surveys)*. Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia: Biro Klasifikasi Indonesia Head Office.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2016). *Rules for the Classification and Construction - Part 3. Special Ships (Volume III: Rules for High Speed Craft)*. Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia: Biro Klasifikasi Indonesia Head Office.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2017). *Rules for the Classification and Construction - Part 1. Seagoing Ships (Volume II: Rules for Hull)*. Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia: Biro Klasifikasi Indonesia Head Office.
- Blount, D. L., & Bartec, R. J. (1997, October). Design of Propulsion Systems for High-Speed Craft. *Marine Technology*, Vol. 34, No. 4, 276-292.
- Boeing Marine Systems - The Boeing Company. (1978). *Boeing Jetfoil Facilities and Equipment Planning Document*. United States of America: The Boeing Company.
- CAT (Caterpillar). (2017, October 28). *Marine Power Systems - 3512E*. Retrieved from Marine Power Systems - 3512E: https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems/auxiliary-engines/1000031549.html
- General Electric Aviation. (2017, October 9). *The 4.5 MW Engine - Marine Gas Turbine*. Retrieved from The 4.5 MW Engine - Marine Gas Turbine: <https://www.geaviation.com/sites/default/files/datasheet-4.5mw.pdf>
- Gibs, C. (1954). *Hydrofoil Research Project for Office of Naval Research Navy*. Washington DC, United States of America.
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- Hidayat, A. (2016). *Kajian Eksperimental dan Numeris Hambatan Kapal Crew Boat "ORELA" Dengan dan Tanpa Menggunakan Foil Belakang*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

- Holling, H. D., & Hubble, E. N. (1974). *Model Resistance Data of Series 65 Hull Forms Applicable to Hydrofoils and Planing Craft*. Bethesda, Maryland, Northwest of U.S. capital of Washington D.C., United States of America.
- Holtrop, J. (1988). *A Statistical Resistance Prediction Method with A Speed Dependent Form Factor*. Wageningen, Netherlands: Maritime Research Institute Netherlands.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Kurniawati, H. A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya, East Java, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Kurniawati, H. A. (2016). Lecture Handout. *Statutory Regulations*. Surabaya, East Java, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume I: Stability and Strength*. Jersey City, New Jersey, United States of America: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration*. Jersey City, New Jersey, United States of America: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Marzocca, P. (2017, September 18). *The NACA Airfoil Series*. Retrieved from <http://people.clarkson.edu/~pmarzocc/AE429/The%20NACA%20airfoil%20series.pdf>
- Parsons, M. G. (2004). Parametric Design. In *Ship Design and Construction Vol. 1* (pp. 11-1). The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Prasetyo, L. (2015). *Desain Eco Friendly Boat dengan Sumber Energi Hydrogen Fuel Cells untuk Wisata Kali Mas Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Purnomo, T. A. (2016). *Analisa Perancangan Sistem Propulsi Waterjet sebagai Propulsi Alternatif pada Kapal Patroli Cepat 61 M*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Pusat Pengelolaan Data dan Sistem Informasi BP Batam. (2015). *Pelabuhan Laut BP Batam. Fasilitas Pelabuhan Laut BP Batam*. Batam, Kepulauan Riau, Indonesia: BP Batam.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ridho, M. (2017). *Studi Analisis Kinerja Mesin Propulsi Penggerak Kapal Hidrofoil dengan Sistem Mesin Air Breathing Derivative Gas Turbine dan Waterjet Propulsion*. Universitas Indonesia, Departemen Teknik Mesin, Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik. Depok: Universitas Indonesia.
- Rohmadhana, F. (2016). *Analisis Teknis dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT) Menjadi Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Tipe Ro-ro untuk Rute Ketapang (Kabupaten Banyuwangi) – Gilimanuk (Kabupaten Jember)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Rolls-Royce. (2017, October 18). *Waterjets*. Retrieved from Waterjets: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/waterjets.pdf>
- Sadraey, M. H. (2012). *Wing Design, in Aircraft Design: A Systems Engineering Approach*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Santosa, I. G. (1999). *Diktat Perencanaan Kapal*. Surabaya, East Java, Indonesia: Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

- Savitsky, D. (1964, October). Hydrodynamic Design of Planing Hulls. *Marine Technology Vol. 1, No. 1*, 71-95.
- Schneekluth, H., & Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency & Economy (Second Edition)*. Oxford, Central Southern England, United Kingdom: Butterworth-Heinemann.
- Singapore Cruise Centre. (2017, March 7). *International Passenger Terminal*. Retrieved from Singapore Cruise Centre Web Site: <https://www.singaporecruise.com.sg/index.php/terminals/sccharbourfront/>
- Suryadi, A., Arief, I. S., & Amiadji. (2016). Analisa Sudut Serang Hidrofoil Terhadap Gaya Angkat Kapal Trimaran Hidrofoil Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics CFD. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2*.
- Taggart, R. (1980). *Ship Design & Construction*. (R. Taggart, Ed.) New York, North Eastern United States of America, United States of America: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Tupper, E. C. (2013). *Introduction to Naval Architecture (Fifth Edition)*. Oxford, Central Southern England, United Kingdom: Elsevier Ltd.
- van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design (Vol. 1)*. (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford, Central Southern England, United Kingdom: Elsevier Science Ltd.
- Wikipedia. (2016, March 15). *High-Speed Craft*. Retrieved from Wikipedia Web Site: https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_craft
- Wikipedia. (2016, March 15). *Hydrofoil*. Retrieved from Wikipedia Web site: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil>
- Wikipedia. (2017, November 24). *Kota Batam*. Retrieved from Wikipedia Web Site: https://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Batam
- Wikipedia. (2017, November 17). *Lifting-line theory*. Retrieved from Wikipedia Web site: https://en.wikipedia.org/wiki/Lifting-line_theory
- Wonggiawan, F. (2014). *Studi Perancangan Hidrofoil Kapal Penumpang Untuk Perairan Kepulauan Seribu*. Universitas Diponegoro, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yusuf, H. (2014). *Analisa Penggunaan Waterjet pada Sistem Propulsi Kapal Perang Missile Boat dengan Kecepatan 70 Knot*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

LAMPIRAN

| | |
|------------|---|
| LAMPIRAN A | DATA PENDUKUNG TUGAS AKHIR |
| LAMPIRAN B | PERHITUNGAN TEKNIS <i>FERRY HYDROFOIL</i> |
| LAMPIRAN C | PERHITUNGAN EKONOMIS <i>FERRY HYDROFOIL</i> |
| LAMPIRAN D | DESAIN <i>LINES PLAN FERRY HYDROFOIL</i> |
| LAMPIRAN E | DESAIN <i>GENERAL ARRANGEMENT FERRY HYDROFOIL</i> |
| LAMPIRAN F | DESAIN <i>SAFETY PLAN FERRY HYDROFOIL</i> |
| LAMPIRAN G | DESAIN 3D MODEL <i>FERRY HYDROFOIL</i> |

LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG TUGAS AKHIR

- Kuesioner

1. Jenis Kelamin (*Gender*)

☐ Laki – laki (*Male*)
☐ Perempuan (*Female*)
2. Umur (*Age*)

..... tahun
3. Pekerjaan (*Occupation*)

☐ Pegawai Swasta (*Employee*)

☐ Pelajar / Mahasiswa (*Student*)

☐ Pegawai Negeri (*Civil Servant*)

☐ TNI / POLRI (*National Armed Forces*)

☐ Wiraswasta (*Entrepreneur*)

☐ Lainnya (*Others*) :
4. Dengan waktu tempuh kapal *ferry* saat ini pada penyeberangan Batam – Singapura membutuhkan waktu \pm 40 – 60 menit, apakah anda membutuhkan kapal yang dapat menempuh waktu lebih cepat?

☐ Iya
☐ Tidak
5. Dengan adanya kapal *ferry* yang lebih cepat, apakah anda bersedia untuk mengeluarkan dana lebih?

☐ Iya
☐ Tidak
6. Jika iya, berapakah dana yang bersedia anda keluarkan? (pilihan boleh lebih dari 1)

☐ Rp. 400.000 – Rp. 500.000

☐ Rp. 500.000 – Rp. 600.000

☐ > Rp. 600.000
7. Menurut anda, apakah fasilitas kenyamanan yang ada pada kapal *ferry* penyeberangan Batam – Singapura saat ini sudah cukup memuaskan?

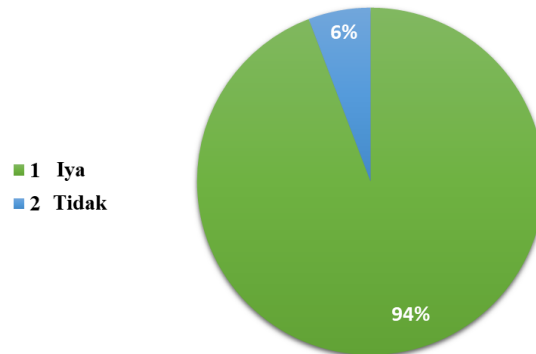
☐ Iya
☐ Tidak

Berikut merupakan rekapitulasi hasil penyeberan kuesioner melalui survey lapangan dan dibantu dengan program *Google Forms*.

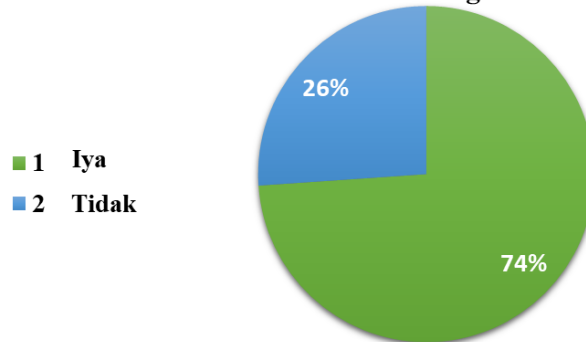
– Survey Lapangan

| REKAPITULASI HASIL PENYEBARAN KUESIONER | | |
|--|---------|-----------|
| 1) Membutuhkan <i>ferry</i> lebih cepat | Iya (1) | Tidak (2) |
| | 65 | 4 |
| 2) Mengeluarkan dana lebih | Iya (1) | Tidak (2) |
| | 51 | 18 |
| 3) Fasilitas <i>ferry</i> yang ada cukup memuaskan | Iya (1) | Tidak (2) |
| | 59 | 10 |
| | | |
| 4) Harga Tiket | | |
| Rp 400.000 - Rp 500.000 | 40 | |
| Rp 500.000 - Rp 600.000 | 20 | |
| > Rp 600.000 | 9 | |

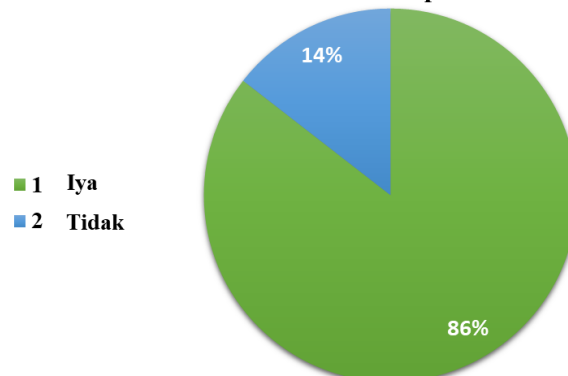
Dengan waktu tempuh kapal *ferry* saat ini pada penyeberangan Batam - Singapura membutuhkan waktu \pm 60 menit, apakah anda membutuhkan kapal yang dapat menempuh waktu lebih cepat?

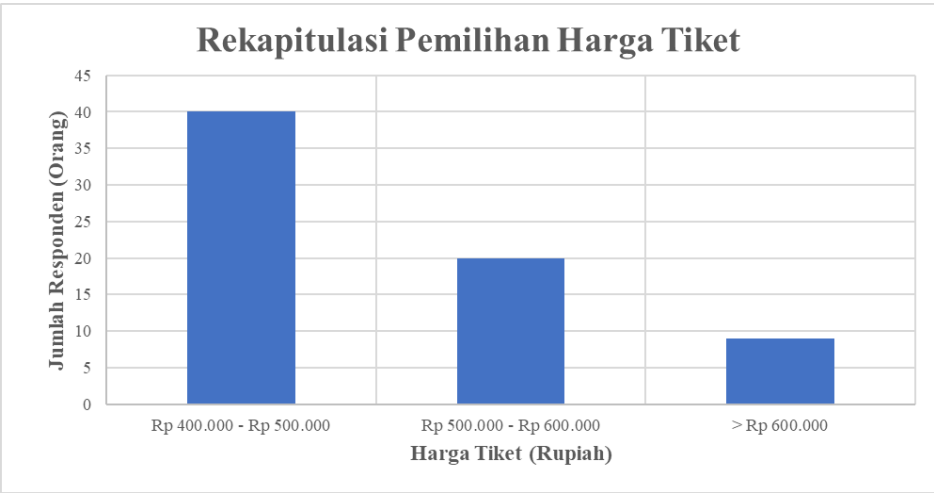


Dengan adanya kapal *ferry* yang lebih cepat, apakah anda bersedia untuk mengeluarkan dana lebih?



Menurut anda, apakah fasilitas kenyamanan yang ada pada kapal *ferry* penyeberangan Batam - Singapura saat ini sudah cukup memuaskan?

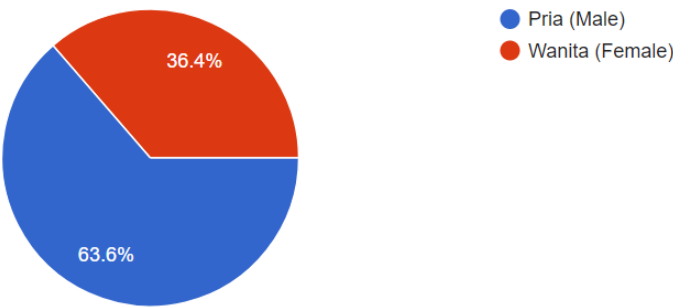




– *Google Forms*

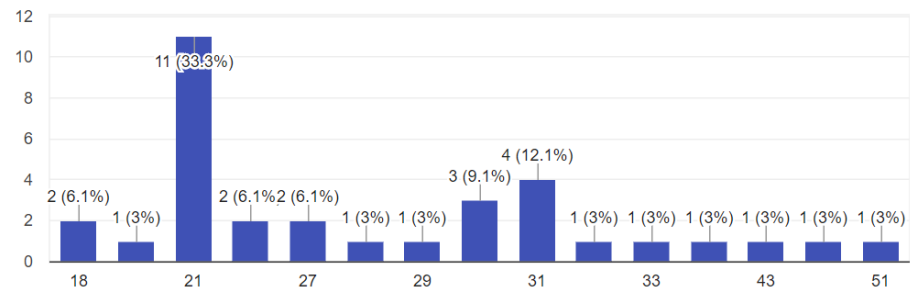
1) Jenis Kelamin (Gender)

33 responses



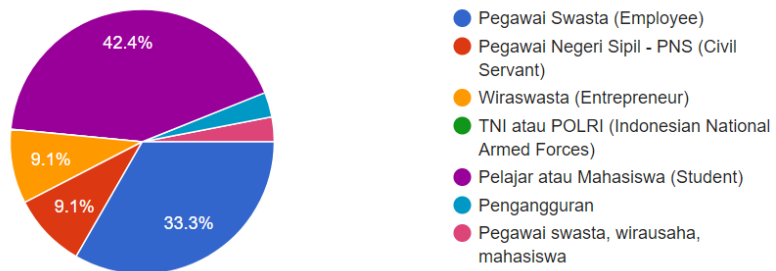
2) Umur (Age)

33 responses



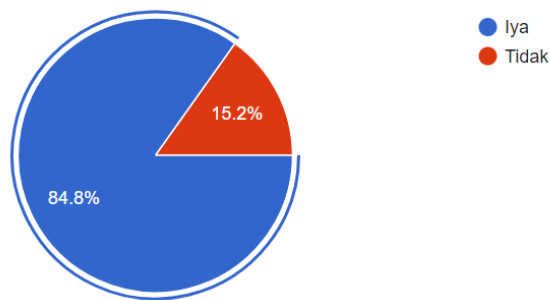
3) Pekerjaan (Occupation)

33 responses



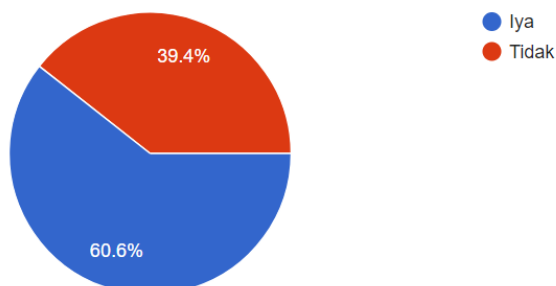
4) Dengan waktu tempuh kapal ferry saat ini pada penyeberangan Batam – Singapura membutuhkan waktu \pm 50 – 60 menit, apakah anda membutuhkan kapal yang dapat menempuh waktu lebih cepat?

33 responses



5) Dengan adanya kapal ferry yang lebih cepat, apakah anda bersedia untuk mengeluarkan dana lebih?

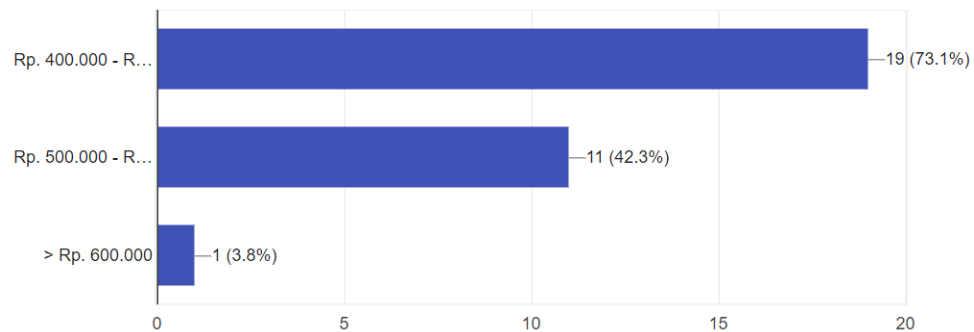
33 responses



6) Jika iya, berapakah dana yang bersedia anda keluarkan? (Pilihan boleh lebih dari 1)

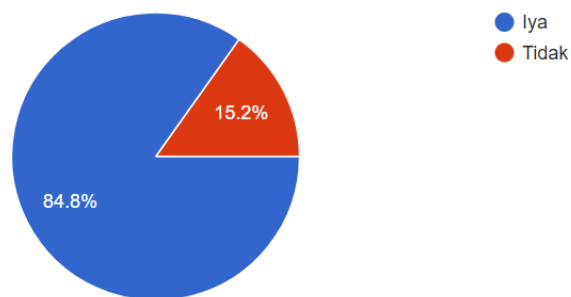


26 responses



7) Menurut anda, apakah fasilitas kenyamanan yang ada pada kapal ferry penyeberangan Batam – Singapura saat ini sudah cukup memuaskan?

33 responses



LAMPIRAN B
PERHITUNGAN TEKNIS DESAIN *FERRY HYDROFOIL*

MAIN DIMENSION AND COEFFICIENT CALCULATION

Input Data:

| | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| $L_o =$ | 35.5 m | $L / B =$ | 4.080 |
| $H_o =$ | 2.5 m | $B / T =$ | 5.337 |
| $B_o =$ | 8.7 m | $T / H =$ | 0.652 |
| $T_o =$ | 1.6 m | $\rho =$ | 1025 kg/m ³ |
| $g =$ | 9.81 m/s ² | $=$ | 1.025 ton/m ³ |
| $V_{\text{displacement}} =$ | 10 knot | $V_{\text{service}} =$ | 40 knot |
| $=$ | 5.1444 m/s ² | $=$ | 20.576 m/s ² |
| $V_{\text{takeoff}} =$ | 28 knot | $V_{\text{max}} =$ | 45 knot |
| $=$ | 14.4032 m/s ² | $=$ | 23.150 m/s ² |

Calculation:

• Froude Number

| Speed (knot) | $Fn_{(L)}$ | Fn_V |
|--------------|------------|--------|
| 10 | 0.276 | 0.695 |
| 28 | 0.772 | 1.946 |
| 40 | 1.103 | 2.781 |
| 45 | 1.241 | 3.128 |

$$Fn_{(L)} = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$Fn_V = \frac{V}{\sqrt{gV^{1/3}}}$$

• Ratios of Dimensions

| | | | |
|----------------------|---------|---------------|--|
| $L / B =$ | 4.08 | \rightarrow | $2.52 \leq L/B \leq 18.26$ |
| $B / T =$ | 5.34 | \rightarrow | $1.7 \leq B/T \leq 9.8$ |
| $L / \nabla^{1/3} =$ | 7.36 | \rightarrow | $3.07 \leq L / \nabla^{1/3} \leq 12.4$ |
| $LCG / L =$ | 2.21875 | \rightarrow | $0.016 \leq LCG/L \leq 0.0656$ |

Savitsky
Planing Hull
Method

• Block Coefficient

$$C_B = (\text{Pemodelan Redraw Maxsurf})$$

$$= 0.436$$

$$= \Delta / (1.025 \times L \times B \times T)$$

$$= 0.346$$

(Ref: BKI Vol. III - Rules for High Speed Craft,
Section 3-7/ Page 120)

• Midship Section Coefficient

$$C_M = (\text{Pemodelan Redraw Maxsurf})$$

$$= 0.513$$

• Waterplane Coefficient

$$C_{WP} = (\text{Pemodelan Redraw Maxsurf})$$

$$= 0.909$$

• Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

a. LCB (%) = 2.988 % Lpp d. LCB dari FP = 16.689 m dari FP

b. LCB dari M = (LCB (%))/100 Lpp

$$= 1.061 \text{ m dari M}$$

c. LCB dari AP = $0.5 \cdot L_{PP} - LCB_M$

$$= 18.811 \text{ m dari AP}$$

• Prismatic Coefficient

$$C_P = C_B / C_M$$

$$= 0.850$$

• Length of Waterline

$$L_{WL} = L_{PP}$$

$$= 35.50 \text{ m}$$

• ∇ (m³)

$$\nabla = L_{WL} \times B \times T \times C_B$$

$$= 219.494 \text{ m}^3$$

$$= (\text{Pemodelan Redraw Maxsurf})$$

$$= 173.900 \text{ m}^3$$

• Δ (ton)

$$\Delta = L_{WL} \times B \times T \times C_B \times \rho$$

$$= 224.981 \text{ ton}$$

$$= (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= 178.3 \text{ ton}$$

Resistance Calculation (Maxsurf)

| No | Speed (knot) | Fn (L _{WL}) | Fn (Vol.) | Savitsky Pre-planing Resist. (kN) | Savitsky Pre-planing Power (kW) | Savitsky Planing Resist. (kN) | Savitsky Planing Power (kW) | Holtrop Resist. (kN) | Holtrop Power (kW) |
|----|--------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 1.125 | 0.03 | 0.083 | | | | | 1.6 | 1.112 |
| 3 | 2.25 | 0.061 | 0.166 | | | | | 5.4 | 7.404 |
| 4 | 3.375 | 0.091 | 0.249 | | | | | 9 | 18.337 |
| 5 | 4.5 | 0.122 | 0.332 | | | | | 12.1 | 32.935 |
| 6 | 5.625 | 0.152 | 0.415 | | | | | 15 | 51.136 |
| 7 | 6.75 | 0.183 | 0.498 | | | | | 17.9 | 73.281 |
| 8 | 7.875 | 0.213 | 0.581 | | | | | 20.9 | 99.838 |
| 9 | 9 | 0.244 | 0.664 | | | | | 24.1 | 131.298 |
| 10 | 10.125 | 0.274 | 0.747 | | | | | 27.4 | 167.915 |
| 11 | 11.25 | 0.305 | 0.83 | | | | | 31 | 210.766 |
| 12 | 12.375 | 0.335 | 0.913 | | | | | 34.6 | 259.208 |
| 13 | 13.5 | 0.366 | 0.996 | | | | | 38.1 | 311.074 |
| 14 | 14.625 | 0.396 | 1.079 | 22.7 | 201.115 | | | 41.7 | 369.067 |
| 15 | 15.75 | 0.426 | 1.162 | 30.4 | 289.87 | 51.2 | 487.814 | 46.1 | 439.058 |
| 16 | 16.875 | 0.457 | 1.245 | 40.7 | 415.599 | 55.5 | 566.642 | 50.5 | 515.372 |
| 17 | 18 | 0.487 | 1.328 | 52.6 | 573.122 | 60 | 653.584 | 54.8 | 596.799 |
| 18 | 19.125 | 0.518 | 1.411 | 61.8 | 715.3 | 64.7 | 748.938 | 59 | 682.766 |
| 19 | 20.25 | 0.548 | 1.494 | 63.8 | 782.218 | 69.6 | 852.968 | 63 | 772.601 |
| 20 | 21.375 | 0.579 | 1.577 | 65.4 | 846.379 | 74.7 | 965.904 | 66.7 | 862.77 |
| 21 | 22.5 | 0.609 | 1.66 | 73.2 | 997.227 | 79.9 | 1087.94 | 69.8 | 950.225 |
| 22 | 23.625 | 0.64 | 1.743 | 81.9 | 1171.33 | 85.3 | 1219.23 | 72.4 | 1034.547 |
| 23 | 24.75 | 0.67 | 1.826 | 88.3 | 1323.008 | 90.8 | 1359.894 | 74.5 | 1115.569 |
| 24 | 25.875 | 0.701 | 1.909 | 92.6 | 1450.532 | 96.4 | 1510.008 | 76.2 | 1192.97 |
| 25 | 27 | 0.731 | 1.992 | 96.4 | 1574.526 | 102.2 | 1669.613 | 77.5 | 1266.124 |
| 26 | 28.125 | 0.762 | 2.075 | | | 108 | 1838.708 | 81.9 | 1393.405 |
| 27 | 29.25 | 0.792 | 2.158 | | | 114 | 2017.252 | 86.7 | 1534.254 |
| 28 | 30.375 | 0.822 | 2.241 | | | 120 | 2205.168 | 91.7 | 1685.136 |
| 29 | 31.5 | 0.853 | 2.324 | | | 126 | 2402.341 | 96.9 | 1846.478 |
| 30 | 32.625 | 0.883 | 2.407 | | | 132.1 | 2608.62 | 102.2 | 2018.665 |
| 31 | 33.75 | 0.914 | 2.49 | | | 138.2 | 2823.825 | 107.8 | 2202.048 |
| 32 | 34.875 | 0.944 | 2.573 | | | 144.4 | 3047.748 | 113.6 | 2396.965 |
| 33 | 36 | 0.975 | 2.656 | | | 150.5 | 3280.159 | 119.5 | 2603.741 |
| 34 | 37.125 | 1.005 | 2.739 | | | 156.7 | 3520.813 | 125.6 | 2822.695 |
| 35 | 38.25 | 1.036 | 2.822 | | | 162.8 | 3769.458 | 131.9 | 3054.144 |
| 36 | 39.375 | 1.066 | 2.906 | | | 168.9 | 4025.843 | 138.4 | 3298.4 |
| 37 | 40.5 | 1.097 | 2.989 | | | 175 | 4289.726 | 145.1 | 3555.777 |
| 38 | 41.625 | 1.127 | 3.072 | | | 181 | 4560.886 | 151.9 | 3826.587 |
| 39 | 42.75 | 1.158 | 3.155 | | | 187 | 4839.128 | 158.9 | 4111.142 |
| 40 | 43.875 | 1.188 | 3.238 | | | 193 | 5124.298 | 166.1 | 4409.756 |
| 41 | 45 | 1.218 | 3.321 | | | 198.9 | 5416.285 | 173.4 | 4722.74 |

Propulsion & Power Calculation

Input Data:

| | | | |
|-------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| $R_T =$ | 27.400 kN | $V_{service} =$ | 40 knot |
| $\rho =$ | 1025 kg/m ³ | $=$ | 20.576 m/s |
| $\rho =$ | 1.025 ton/m ³ | $V_{takeoff} =$ | 28 knot |
| $V_{max} =$ | 45 knot | $=$ | 14.4032 m/s |
| $=$ | 23.15 m/s | $g =$ | 9.81 m/s ² |

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned} EHP &= R_T \times V_s \\ &= 140.95766 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust)

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--|
| $T_{(net)} = \frac{R_T}{(1 - t)}$ | $t = 0$ | $t = -0.05 \sim 0.2$; diambil 0 |
| $= 27.400 \text{ kN}$ | $= \text{Blount, 1997}$ | ; Untuk <i>high-speed craft</i> yang menggunakan sistem propulsi <i>waterjet</i> |
| $T_{(net)}/2 = 13.7 \text{ kN}$ | | |
| $= 13700 \text{ N}$ | | |
| $= 17404.945 \text{ lbs}$ | | |

3. Perhitungan DHP Awal dengan OPC Perencanaan

| | | |
|---|-----------------------------|--|
| $DHP_1 = (T/z) \times (V_s/OPC)$ | $z = 2$ | |
| $= 140.958 \text{ kW}$ | $= 2 \text{ buah waterjet}$ | |
| $= 189.027 \text{ HP}$ | $OPC = 0.5$ | |
| Daya total 2 engine, 2 waterjet = OPC Waterjet Perencanaan Awal | | |
| $DHP_2 = DHP_1 \times 2$ | | |
| $= 281.91531 \text{ kW}$ | | |
| $= 378.0546 \text{ HP}$ | | |

4. Penentuan Diameter Inlet Pompa Waterjet

Menggunakan diameter *inlet* dari pemilihan *waterjet* dengan nilai DHP yang didapat. *Waterjet* yang dipilih merupakan *waterjet* Rolls-Royce dengan *input power* sebesar 189.027 kW
(lihat katalog *waterjet*)

Kecepatan *output water jet* sebesar 45 knot adalah jenis S3-56

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter inlet W\"artsil\"a 910 Size (katalog waterjet)} \\ &= 685 \text{ mm} \\ &= 0.685 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Rasio Luasan Nozzle

| | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| $A_i = \pi / 4 \times D_i^2$ | $AR = 0.12 \text{ m}^2$ |
| $= 1.6729714 \text{ m}^2$ | $= \text{Perencanaan awal (asumsi)}$ |
| $A_n = AR \times A_i$ | |
| $= 0.2007566 \text{ m}^2$ | |

Luasan Nozzle

$$\begin{aligned} D_n &= \sqrt{AR \times D_i^2} \\ &= 0.2867054 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Kecepatan Inlet Nozzle (Vi)

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| $V_i = (1-w) \times V_s$ | $w = 0.05$ |
| $= 4.887218 \text{ m/s}$ | ; Fraksi arus ikut menurut ITTC 1996 |

6. Perhitungan Kecepatan Outlet Nozzle (Vj)

$$\begin{aligned} V_j &= 0.5 \times \left(V_i + \sqrt{V_i^2 + \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot A_n}} \right) \\ &= 32.8723 \text{ m/s} \\ JVR &= V_j / V_s \\ &= 6.3898695 \end{aligned}$$

Kapasitas aliran yang melewati Nozzle (Qj)

$$\begin{aligned} Q_j &= A_n \times V_j \\ &= 6.5993301 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

7. Perhitungan Laju Aliran Massa (m)

$$m = \rho \times Q_j \\ = 6764.3133 \text{ kg/s}$$

Perbandingan kecepatan kapal dan kecepatan aliran yang melewati jet

$$\mu = V_s/V_j \\ = 0.1564977$$

8. Perhitungan Efisiensi Jet Ideal dan Jet Aktual

$$\eta_{j(\text{ideal})} = \frac{2 \times \mu}{1 + \mu} \\ = 0.2706408$$

$$\eta_{j(\text{aktual})} = \frac{1}{1 - w} \times \frac{2 \cdot \mu \cdot (1 - \mu)}{(1 + \psi) - (1 - \zeta) \mu^2 + \frac{2 \cdot g \cdot h_j}{V_j^2}} \\ = 0.2366874$$

Keterangan =

| | |
|-------------------------------------|--|
| w = Fraksi arus ikut | h _j = Perubahan elevasi antara <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> |
| = 0.05 | = 1 |
| ψ = Koefisien kerugian <i>inlet</i> | ζ = Koefisien kerugian pada <i>nozzle</i> |
| = 16% - 20% ; diambil 18% | = 0.2 |
| = 0.18 | |

Perencanaan sistem propulsi *waterjet* disarankan harga koefisien kerugian *inlet* (ψ) antara 16% - 20%. Dalam perhitungan ini diambil 18% karena sistem *waterjet* ini menggunakan sistem pemasukan jenis *flush inlet* dan kapal beroperasi di daerah perairan yang bersih dari sampah dan kotoran lainnya. Sedangkan harga koefisien kerugian pada *nozzle* (z) disarankan antara 1% - 4%. Dalam perhitungan untuk efisiensi jet aktual diambil harga 2% karena kerugian *nozzle* relatif lebih kecil dibandingkan pada saluran *inlet* nya.

9. Perhitungan Overall Propulsive Coefficient (OPC)

$$OPC = \eta_{j(\text{aktual})} \times \eta_p \times \eta_{rr} \times \eta_T (1 - t) \quad \eta_{j(\text{aktual})} = 0.237 \\ = 0.2228 \quad \eta_p = 0.98 ; \text{asumsi} \\ \eta_{rr} = 0.98 ; \text{PNA Vol. II Page 163} \\ \eta_T = 0.98 ; \text{Parametric Design Page 11-33}$$

10. Perhitungan Power Engine pada Kecepatan Maksimal

a. Perhitungan DHP

$$DHP = (T/z) \times (V_s/OPC) \\ = 885.781 \text{ kW} \\ = 1187.849 \text{ HP}$$

b. Perhitungan SHP

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3%.

(*Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131*)

Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

$$SHP = DHP/\eta_s \eta_b \quad \eta_s \eta_b = \text{Losses letak kamar mesin} \\ = 1212.091 \text{ HP} \quad = 0.98 \\ ; \text{Parametric Design, Page 11-31}$$

c. Perhitungan BHPscr

Untuk menghindari terjadinya kavitasi pada *impeller* pompa sistem *waterjet* akibat putaran dari pemilihan *Main Engine*, maka digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*.

$$BHP_{scr} = SHP/\eta_G \quad \eta_G = \text{Losses akibat gearbox} \\ = 1236.828 \text{ HP} \quad = 0.98$$

d. Perhitungan BHPmcr

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan *engine margin* sebesar 15%.

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$BHP_{mcr} = 1455.091 \text{ HP} \\ = 1085.062 \text{ kW}$$

Propulsion & Power Calculation

Input Data:

| | | | |
|-------------|--------------------------|---------|-----------------------|
| $R_T =$ | 96.400 kN | $V_s =$ | 40 knot |
| $\rho =$ | 1025 kg/m ³ | $=$ | 20.576 m/s |
| $\rho =$ | 1.025 ton/m ³ | $V_s =$ | 28 knot |
| $V_{max} =$ | 45 knot | $=$ | 14.4032 m/s |
| $=$ | 23.15 m/s | $g =$ | 9.81 m/s ² |

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned} EHP &= R_T \times V_s \\ &= 1388.4685 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust)

$$\begin{aligned} T_{(net)} &= \frac{R_T}{(1 - t)} & t = 0 & \quad t = -0.05 \sim 0.2 \quad ; \text{diambil } 0 \\ &= 96.400 \text{ kN} & & = \text{Blount, 1997} \quad ; \text{Untuk } high\text{-speed craft \text{ yang} \\ & & & \text{menggunakan sistem propulsi waterjet} \\ T_{(net)}/2 &= 48.2 \text{ kN} \\ &= 48200 \text{ N} \\ &= 17404.945 \text{ lbs} \end{aligned}$$

3. Perhitungan DHP Awal dengan OPC Perencanaan

$$\begin{aligned} DHP_1 &= (T/z) \times (V_s/OPC) & z = 2 \\ &= 1388.468 \text{ kW} & & = 2 \text{ buah waterjet} \\ &= 1861.967 \text{ HP} & OPC = 0.5 \\ \text{Daya total 2 engine, 2 waterjet} &= & & = \text{OPC Waterjet Perencanaan Awal} \\ DHP_2 &= DHP_1 \times 2 \\ &= 2776.937 \text{ kW} \\ &= 3723.9332 \text{ HP} \end{aligned}$$

4. Penentuan Diameter Inlet Pompa Waterjet

Menggunakan diameter *inlet* dari pemilihan *waterjet* dengan nilai DHP yang didapat. *Waterjet* yang dipilih merupakan *waterjet* Rolls-Royce dengan *input power* sebesar 1861.967 kW

(lihat katalog *waterjet*)

Kecepatan *output water jet* sebesar 45 knot adalah jenis S3-56

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter inlet Rolls-Royce S3-56 (katalog waterjet)} \\ &= 685 \text{ mm} \\ &= 0.685 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Rasio Luasan Nozzle

$$\begin{aligned} A_i &= \pi / 4 \times D_i^2 & AR = 0.12 \text{ m}^2 \\ &= 1.6729714 \text{ m}^2 & & = \text{Perencanaan awal (asumsi)} \\ A_n &= AR \times A_i \\ &= 0.2007566 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luasan Nozzle

$$\begin{aligned} D_n &= \sqrt{AR \times D_i} \\ &= 0.2867054 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Kecepatan Inlet Nozzle (Vi)

$$\begin{aligned} V_i &= (1-w) \times V_s & w = 0.05 \\ &= 13.68304 \text{ m/s} & & ; \text{Fraksi arus ikut menurut ITTC 1996} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Kecepatan Outlet Nozzle (Vj)

$$\begin{aligned} V_j &= 0.5x(V_i + \sqrt{(V_i^2 + \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot A_n})}) \\ &= 32.8723 \text{ m/s} \\ JVR &= V_j/V_s \\ &= 2.2822914 \end{aligned}$$

Kapasitas aliran yang melewati Nozzle (Qj)

$$\begin{aligned} Q_j &= A_n \times V_j \\ &= 6.5993301 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

7. Perhitungan Laju Aliran Massa (m)

$$m = \rho \times Q_j \\ = 6764.3133 \text{ kg/s}$$

Perbandingan kecepatan kapal dan kecepatan aliran yang melewati jet

$$\mu = V_s/V_j \\ = 0.4381561$$

8. Perhitungan Efisiensi Jet Ideal dan Jet Aktual

$$\eta_{j(\text{ideal})} = \frac{2 \times \mu}{1 + \mu} \\ = 0.6093304$$

$$\eta_{j(\text{aktual})} = \frac{1}{1 - w} \times \frac{2 \cdot \mu \cdot (1 - \mu)}{(1 + \psi) - (1 - \zeta) \mu^2 + \frac{2 \cdot g \cdot h_j}{V_j^2}} \\ = 0.5131246$$

Keterangan =

| | |
|-------------------------------------|--|
| w = Fraksi arus ikut | h _j = Perubahan elevasi antara <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> |
| = 0.05 | = 1 |
| ψ = Koefisien kerugian <i>inlet</i> | ζ = Koefisien kerugian pada <i>nozzle</i> |
| = 16% - 20% ; diambil 18% | = 0.2 |
| = 0.18 | |

Perencanaan sistem propulsi *waterjet* disarankan harga koefisien kerugian *inlet* (ψ) antara 16% - 20%. Dalam perhitungan ini diambil 18% karena sistem *waterjet* ini menggunakan sistem pemasukan jenis *flush inlet* dan kapal beroperasi di daerah perairan yang bersih dari sampah dan kotoran lainnya. Sedangkan harga koefisien kerugian pada *nozzle* (z) disarankan antara 1% - 4%.

Dalam perhitungan untuk efisiensi jet aktual diambil harga 2% karena kerugian *nozzle* relatif lebih kecil dibandingkan pada saluran *inlet* nya.

9. Perhitungan Overall Propulsive Coefficient (OPC)

| | | |
|--|-----------------------------|--|
| OPC = $\eta_{j(\text{aktual})} \times \eta_p \times \eta_{rr} \times \eta_T (1 - t)$ | $\eta_{j(\text{aktual})} =$ | 0.513 |
| = 0.4829 | $\eta_p =$ | 0.98 ; <i>asumsi</i> |
| | $\eta_{rr} =$ | 0.98 ; <i>PNA Vol. II Page 163</i> |
| | $\eta_T =$ | 0.98 ; <i>Parametric Design Page 11-33</i> |

10. Perhitungan Power Engine pada Kecepatan Maksimal

a. Perhitungan DHP

$$DHP = (T/z) \times (V_s/OPC) \\ = 1437.490 \text{ kW} \\ = 1927.703 \text{ HP}$$

b. Perhitungan SHP

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3%.

(*Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131*)

Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

| | |
|---------------------------------------|---|
| SHP = DHP/η _{sη_b} | η _{sη_b} = <i>Losses</i> letak kamar mesin |
| = 1967.044 HP | = 0.98 |
| | ; <i>Parametric Design, Page 11-31</i> |

c. Perhitungan BHPscr

Untuk menghindari terjadinya kavitasi pada *impeller* pompa sistem *waterjet* akibat putaran dari pemilihan *Main Engine*, maka digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*.

| | |
|-----------------------------|--|
| BHPscr = SHP/η _G | η _G = <i>Losses</i> akibat <i>gearbox</i> |
| = 2007.188 HP | = 0.98 |

d. Perhitungan BHPmcr

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan *engine margin* sebesar 15%.

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

| | |
|-------------------|----|
| BHPmcr = 2361.398 | HP |
| = 1760.894 | kW |

Propulsion & Power Calculation

Input Data:

| | |
|---|---|
| $R_T = 175.000 \text{ kN}$ $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ $\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$ $V_{\max} = 45 \text{ knot}$ $= 23.15 \text{ m/s}$ | $V_s = 40 \text{ knot}$ $= 20.576 \text{ m/s}$ $V_s = 28 \text{ knot}$ $= 14.4032 \text{ m/s}$ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ |
|---|---|

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_T \times V_s \\ &= 3600.8 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust)

| | |
|--|---|
| $T_{(\text{net})} = \frac{R_T}{(1 - t)}$ $= 175.000 \text{ kN}$ $T_{(\text{net})}/2 = 87.5 \text{ kN}$ $= 87500 \text{ N}$ $= 17404.945 \text{ lbs}$ | $t = 0$ $t = -0.05 \sim 0.2$; diambil 0 $= \text{Blount, 1997}$; Untuk <i>high-speed craft</i> yang menggunakan sistem propulsi <i>waterjet</i> |
|--|---|

3. Perhitungan DHP Awal dengan OPC Perencanaan

| | |
|---|--|
| $\begin{aligned} \text{DHP}_1 &= (T/z) \times (V_s/\text{OPC}) \\ &= 3600.800 \text{ kW} \\ &= 4828.752 \text{ HP} \end{aligned}$ | $z = 2$ $= 2 \text{ buah waterjet}$ $\text{OPC} = 0.5$ $= \text{OPC Waterjet Perencanaan Awal}$ |
|---|--|

Daya total 2 engine, 2 waterjet =

$$\begin{aligned} \text{DHP}_2 &= \text{DHP}_1 \times 2 \\ &= 7201.6 \text{ kW} \\ &= 9657.503 \text{ HP} \end{aligned}$$

4. Penentuan Diameter Inlet Pompa Waterjet

Menggunakan diameter *inlet* dari pemilihan *waterjet* dengan nilai DHP yang didapat. *Waterjet* yang dipilih merupakan *waterjet* Rolls-Royce dengan *input power* sebesar 3600.800 kW

(lihat katalog *waterjet*)

Kecepatan *output water jet* sebesar 45 knot adalah jenis S3-56

$$\begin{aligned} D_i &= \text{Diameter inlet Rolls-Royce S3-56 (katalog waterjet)} \\ &= 685 \text{ mm} \\ &= 0.685 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Rasio Luasan Nozzle

| | |
|---|---|
| $\begin{aligned} A_i &= \pi / 4 \times D_i^2 \\ &= 1.6729714 \text{ m}^2 \\ A_n &= AR \times A_i \\ &= 0.2007566 \text{ m}^2 \end{aligned}$ | $AR = 0.12 \text{ m}^2$ $= \text{Perencanaan awal (asumsi)}$ |
|---|---|

Luasan Nozzle

$$\begin{aligned} D_n &= \sqrt{AR \times D_i} \\ &= 0.2867054 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Kecepatan Inlet Nozzle (Vi)

| | |
|---|---|
| $\begin{aligned} V_i &= (1-w) \times V_s \\ &= 19.5472 \text{ m/s} \end{aligned}$ | $w = 0.05$ $= \text{Fraksi arus ikut menurut ITTC 1996}$ |
|---|---|

6. Perhitungan Kecepatan Outlet Nozzle (Vj)

$$\begin{aligned} V_j &= 0.5 \times \left(V_i + \sqrt{V_i^2 + \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot A_n}} \right) \\ &= 40.5775 \text{ m/s} \\ \text{JVR} &= V_j / V_s \\ &= 1.9720795 \end{aligned}$$

Kapasitas aliran yang melewati Nozzle (Qj)

$$\begin{aligned} Q_j &= A_n \times V_j \\ &= 8.1462012 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

7. Perhitungan Laju Aliran Massa (m)

$$\begin{aligned} m &= \rho \times Q_j \\ &= 8349.8563 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Perbandingan kecepatan kapal dan kecepatan aliran yang melewati jet

$$\begin{aligned} \mu &= V_s/V_j \\ &= 0.5070789 \end{aligned}$$

8. Perhitungan Efisiensi Jet Ideal dan Jet Aktual

$$\begin{aligned} \eta_{J(\text{ideal})} &= \frac{2 \times \mu}{1 + \mu} \\ &= 0.6729295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{J(\text{aktual})} &= \frac{1}{1 - w} \times \frac{2 \cdot \mu \cdot (1 - \mu)}{(1 + \psi) - (1 - \zeta) \mu^2 + \frac{2 \cdot g \cdot h_j}{V_j^2}} \\ &= 0.5598402 \end{aligned}$$

Keterangan =

$$\begin{aligned} w &= \text{Fraksi arus ikut} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \psi &= \text{Koefisien kerugian inlet} \\ &= 16\% - 20\% ; \text{diambil } 18\% \\ &= 0.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_j &= \text{Perubahan elevasi antara inlet dan outlet} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \zeta &= \text{Koefisien kerugian pada nozzle} \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

Perencanaan sistem propulsi *waterjet* disarankan harga koefisien kerugian *inlet* (ψ) antara 16% - 20%. Dalam perhitungan ini diambil 18% karena sistem *waterjet* ini menggunakan sistem pemasukan jenis *flush inlet* dan kapal beroperasi di daerah perairan yang bersih dari sampah dan kotoran lainnya. Sedangkan harga koefisien kerugian pada *nozzle* (ζ) disarankan antara 1% - 4%.

Dalam perhitungan untuk efisiensi jet aktual diambil harga 2% karena kerugian *nozzle* relatif lebih kecil dibandingkan pada saluran *inlet* nya.

9. Perhitungan Overall Propulsive Coefficient (OPC)

$$\begin{aligned} \text{OPC} &= \eta_{J(\text{aktual})} \times \eta_p \times \eta_{rr} \times \eta_T (1-t) \\ &= 0.5269 \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \eta_{J(\text{aktual})} &= 0.560 \\ \eta_p &= 0.98 ; \text{asumsi} \\ \eta_{rr} &= 0.98 ; \text{PNA Vol. II Page 163} \\ \eta_T &= 0.98 ; \text{Parametric Design Page 11-33} \end{aligned}$$

10. Perhitungan Power Engine pada Kecepatan Maksimal

a. Perhitungan DHP

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= (T/z) \times (V_s/\text{OPC}) \\ &= 3416.856 \text{ kW} \\ &= 4582.073 \text{ HP} \end{aligned}$$

b. Perhitungan SHP

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3%.

(*Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131*)

Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP} / \eta_{\eta b} \\ &= 4675.584 \text{ HP} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \eta_{\eta b} &= \text{Losses letak kamar mesin} \\ &= 0.98 \\ & ; \text{Parametric Design, Page 11-31} \end{aligned}$$

c. Perhitungan BHPscr

Untuk menghindari terjadinya kavitasi pada *impeller* pompa sistem *waterjet* akibat putaran dari pemilihan *Main Engine*, maka digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*.

$$\begin{aligned} \text{BHPscr} &= \text{SHP} / \eta_G \\ &= 4771.004 \text{ HP} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \eta_G &= \text{Losses akibat gearbox} \\ &= 0.98 \end{aligned}$$

d. Perhitungan BHPmcr

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan *engine margin* sebesar 15%.

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$\begin{aligned} \text{BHPmcr} &= 5612.946 \text{ HP} \\ &= 4185.574 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pemilihan Mesin Induk

Brand = General Electric - General Electric Aviation
Type = LM500 - The 4.5 MW Gas Turbine
Output Power = 4570 kW
n = 7000 rpm
Length = 2960 mm
Width = 2360 mm
Height = 910 mm
Weight = 0.905 ton
= 27273 kg

Pemilihan Waterjet

Brand = Rolls-Royce Waterjets
Type = S3 - Series (S3-S6)
Pump type = Axial flow
n = 2000 RPM
Minimum power = 1200 kW
Maximum power = 3640 kW
Inboard length = 2310 mm
Outboard length = 1630 mm
Height = 1300 mm
Width = 1032 mm
Diameter = 683 mm
Weight = 3290 kg
= 3.29 ton

Penentuan Mesin Utama

MCR Mesin

BHP = 4185.574 kW
= 5612.9462 HP

Mesin

Main Engine = Gas Turbine
Brand = General Electric - General Electric Aviation
Type = LM500 - The 4.5 MW Engine

Daya Mesin

Daya = 4570 kW
= 6124.35 HP

Konsumsi Fuel Oil

SFC = 270 g/kWh
= 198.58 g/BHPH

Konsumsi Lubrication Oil

= 0.9 g/kWh

Pemilihan Mesin Induk

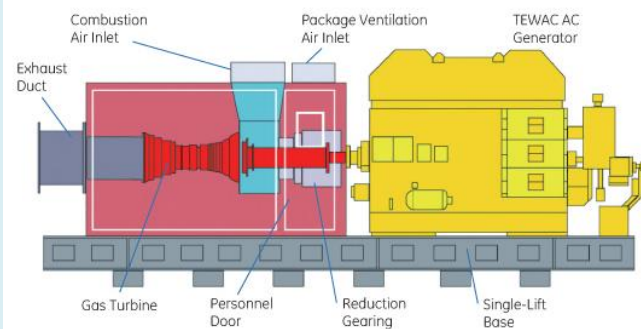
Power Output = 4570 kW
n = 7000 rpm
Exhaust Gas Flow = 16.3 kg/sec
Exhaust Gas Temperature = 565
Length = 2960 mm
Width = 2360 mm
Height = 910 mm
Weight = 0.905 ton
= 905 kg

Ukuran Dimensional Mesin

| | <u>Metric Units</u> | <u>English Units</u> |
|---------|------------------------|----------------------|
| Length: | 2.96 meters (2,96 m) | 9.7 feet |
| Height: | 0.91 meters (0,91 m) | 3.0 feet |
| Weight: | 905 kilograms (905 kg) | 1,990 pounds |

Specific Qualifications

GE's 4.5 MW marine gas turbines power TurboJET's Foilcat fast ferries that have been operating since 1991, linking Hong Kong to Macau. This gas turbine has been granted type approval by ABS.



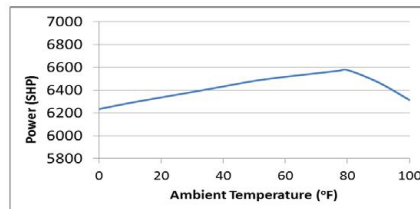
Spesifikasi Mesin

Performance

| | |
|---|------------------------------|
| Output | 6,130 shp (4,570 kW) |
| SFC | .443 lb/shp-hr (270 g/kW-hr) |
| Heat rate | 8,140 Btu/shp-hr |
| | 10,916 Btu/kWs-hr |
| | 11,520 kJ/kWs-hr |
| Exhaust gas flow | 35.9 lb/sec (16.3 kg/sec) |
| Exhaust gas temperature | 1,049°F (565°C) |
| Power turbine speed | 7000 rpm |
| Average performance, 60 Hertz, 59°F (15°C), sea level, 60% relative humidity, no inlet/exhaust losses | |

Max Power vs. Ambient Temperature

losses: inlet/exhaust 4/6 inches (10/15 centimeters) water



4.5 MW marine gas turbine on marine base



GE Aviation (Cincinnati, OH)
www.ge.com/marine

Penentuan Generator Set

Generator Set

Daya Genset = 25% . Engine
= 1046.393 kW 1113.52375 kVA
= 1403.235 HP

Pemilihan Genset (Mesin)

Brand = CAT Marine Power Systems
Type = CAT 3512E
Maximum Power = 1789 kW 1 generator
= 3578 kW 2 generator
= 4798 HP
Speed = 1200 rpm
Frequency = 60 Hz
Bore x Stroke = 170 x 215 mm
Length = 2624 mm
Height = 2335 mm
Width = 1808 mm
Dry mass = 8.176 ton
= 8176 kg
Diesel Oil = 200.2 g/kWh
= 147.2 g/BHPH
Lubrication Oil = 0.5 g/kWh

Spesifikasi Generator

MARINE POWER SYSTEMS

3512E

< Back


REQUEST A QUOTE

FINANCING & INSURANCE
See our Current Offers

TECHNICAL INFORMATION >

FIND YOUR DEALER >

COMPARE MODELS >



POWER RATING

Power Range732-2399 bhp (546-1789 kW)

ENGINE SPECIFICATIONS

AspirationTA

Speed Range

EmissionsU.S. EPA Tier 4 Final, IMO III

Bore170.0 mm

Stroke215.0 mm

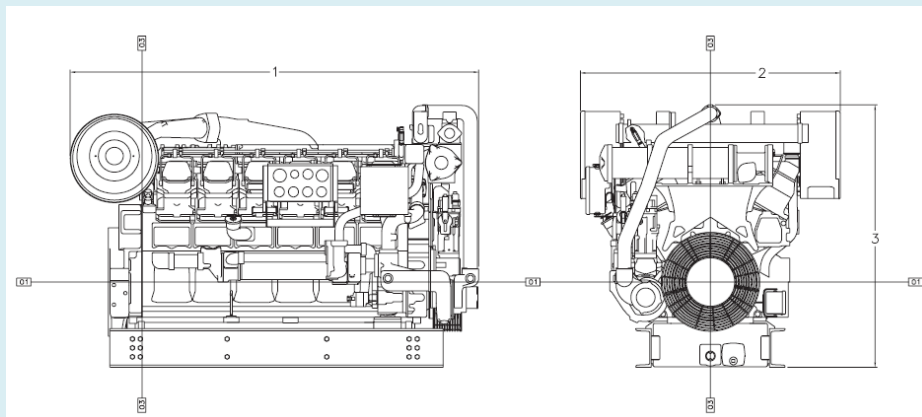
Displacement58.6 L

Rotation (from flywheel end)Counterclockwise

ConfigurationVee 12, 4-Stroke-Cycle Diesel

DIMENSIONS & WEIGHTS

| | |
|--------------------|-----------|
| Minimum Dry Weight | 8176.0 kg |
| Minimum Length | 2624.0 mm |
| Maximum Length | 2624.0 mm |
| Minimum Height | 2335.0 mm |
| Maximum Height | 2335.0 mm |
| Minimum Width | 1808.0 mm |
| Maximum Width | 2081.0 mm |



Penentuan Waterjet

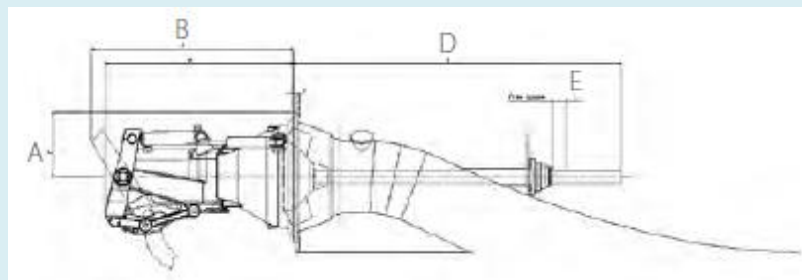
Spesifikasi Waterjet

Brand = Rolls-Royce Waterjets

Type = S3 - Series (S3-S6)

Pump type = Axial flow

| | | |
|-------------------|----------|-----|
| n = | 2000 RPM | RPM |
| Minimum power = | 1200 kW | kW |
| Maximum power = | 3440 kW | kW |
| Inboard length = | 2310 mm | mm |
| Outboard length = | 1630 mm | mm |
| Height = | 1300 mm | mm |
| Width = | 1032 mm | mm |
| Diameter = | 683 mm | mm |
| Weight = | 3290 kg | kg |
| = | 3.29 ton | ton |



Technical data

| Waterjet | Dimensions (mm) | | | | Power range (kW)* | Weight (kg) | | |
|----------|-----------------|------|-------------|-------------|-------------------|-------------|---------|-------|
| | A | B | D (typical) | E (typical) | | Steerable | Booster | EW** |
| S3-45 | 410 | 1318 | 2450 | 100 | 800 - 1790 | 725 | 453 | 577 |
| S3-50 | 500 | 1455 | 2110 | 100 | 1000 - 2580 | 1004 | 600 | 750 |
| S3-56 | 550 | 1630 | 2310 | 100 | 1200 - 3440 | 1385 | 865 | 1040 |
| S3-63 | 600 | 1782 | 2510 | 100 | 1400 - 4300 | 1882 | 1172 | 1490 |
| S3-71 | 650 | 2005 | 2600 | 100 | 1500 - 5100 | 2550 | 1596 | 2130 |
| S3-80 | 700 | 2269 | 2800 | 100 | 1800 - 6500 | 3565 | 2180 | 3050 |
| S3-90 | 800 | 2527 | 3180 | 100 | 2000 - 8500 | 4820 | 2940 | 4340 |
| S3-100 | 900 | 2785 | 3560 | 100 | 2500 - 10000 | 6090 | 3700 | 5950 |
| S3-112 | 1000 | 3119 | 3910 | 100 | 4000 - 12500 | 8360 | 5240 | 8370 |
| S3-125 | 1100 | 3487 | 4020 | 100 | 5000 - 16000 | 11720 | 7460 | 11630 |
| S3-140 | 1232 | 3906 | 4503 | 100 | 6000 - 20000 | 16210 | 10360 | 16341 |
| S3-160 | 1400 | 4462 | 5180 | 100 | 7000 - 26000 | 23670 | 10550 | 24400 |
| S3-180 | 1600 | 5020 | 5770 | 100 | 8000 - 33000 | 33100 | 12650 | 34740 |
| S3-200 | 1760 | 5580 | 6432 | 100 | 10000 - 41000 | 44720 | 28840 | 47633 |

* Depending on speed and operating profile. For performance predictions please contact Rolls-Royce
 ** Entrained water inside transom

All data subject to change without prior notice

CONSUMABLE CALCULATION

Konsumsi Bahan Bakar Mesin Induk (Fuel Oil Consumption)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 4570 & \text{kW} \\ \text{bME} &= 270 & \text{g/kWh} \\ S &= 21 & \text{nm} \\ V &= 40 & \text{knots} \\ c &= 1.5 & (\text{reserved correction } [1.3 \sim 1.5]) \end{aligned}$$

$$W_{\text{HFO}} = \text{BHP}_{\text{ME}} \times \text{bME} \times (S/V_s) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{\text{HFO}} = 0.972 \quad \text{ton}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{HFO}} &= 1.943 \quad \text{ton} && \text{konsumsi fuel oil untuk 2 mesin} \\ &= 0.021155 \quad \text{liter/hp/jam} \end{aligned}$$

$$V_{\text{HFO}} = (W_{\text{DO}} / \rho) + 4\% \quad ; \text{ Penambahan 2\% untuk konstruksi dan 2\% untuk ekspansi}$$

$$V_{\text{HFO}} = 2.042 \quad \text{m}^3 \quad \text{panas. } (\rho = 0.99) - \text{Diktat IGM Santosa}$$

Konsumsi Bahan Bakar Mesin Bantu (Diesel Oil Consumption)

$$C_{\text{DO}} = 0.15 \quad ; (0.1 \sim 0.2) - \text{Diktat IGM Santosa Page 38}$$

$$W_{\text{DO}} = W_{\text{FO}} \cdot C_{\text{DO}}$$

$$W_{\text{DO}} = 0.146 \quad \text{ton}$$

$$W_{\text{DO}} = 0.292 \quad \text{ton} \quad \text{konsumsi diesel oil untuk 2 generator}$$

$$V_{\text{DO}} = (W_{\text{DO}} / \rho) + 4\% \quad ; \text{ Penambahan 2\% untuk konstruksi dan 2\% untuk ekspansi}$$

$$V_{\text{DO}} = 0.357 \quad \text{m}^3 \quad \text{panas. } (\rho = 0.85) - \text{Diktat IGM Santosa}$$

Konsumsi Minyak Pelumas (Lubricating Oil Consumption)

• Main Engine

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 4570 & \text{kW} \\ \text{bME} &= 0.9 & \text{g/kWh} \\ S &= 21 & \text{nm} \\ V &= 40 & \text{knots} \\ c &= 1.5 & (\text{reserved correction } [1.3 \sim 1.5]) \end{aligned}$$

$$W_{\text{LO}} = \text{BHP}_{\text{ME}} \times \text{bME} \times (S/V_s) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{\text{LO}} = 0.0032 \quad \text{ton}$$

$$W_{\text{LO}} = 0.0065 \quad \text{ton} \quad \text{konsumsi lubricating oil untuk 2 mesin}$$

$$V_{\text{LO}} = (W_{\text{DO}} / \rho) + 4\% \quad ; \text{ Penambahan 2\% untuk konstruksi dan 2\% untuk ekspansi}$$

$$V_{\text{LO}} = 0.007 \quad \text{m}^3 \quad \text{panas. } (\rho = 0.9) - \text{Diktat IGM Santosa}$$

• Auxiliary Engine (Generator Set)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 1789 & \text{kW} \\ \text{bAE} &= 0.5 & \text{g/kWh} \\ S &= 21 & \text{nm} \\ V &= 40 & \text{knots} \\ c &= 1.5 & (\text{reserved correction } [1.3 \sim 1.5]) \end{aligned}$$

$$W_{LO} = BHP_{ME} \times b_{ME} \times (S/V_s) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{LO} = 0.00070 \text{ ton}$$

$$W_{LO} = 0.00141 \text{ ton} \quad \text{konsumsi } lubrication \text{ oil untuk 2 generator}$$

$$V_{LO} = (W_{LO} / \rho) + 4\% \quad ; \text{ Penambahan 2\% untuk konstruksi dan 2\% untuk ekspansi}$$

$$V_{LO} = 0.001628 \text{ m}^3 \quad \text{panas. } (\rho = 0.9) - \text{Diktat IGM Santosa}$$

Air Tawar (Fresh Water)

Kebutuhan air bersih pada kapal penumpang berbeda dengan kapal niaga pada umumnya.

Oleh karena itu kebutuhan air setiap orang diasumsikan sebanyak 15 liter / orang

15 liter untuk 248 orang (238 penumpang, 10 crew)

3720 liter untuk 1 kali trip (Batam - Singapore)

7440 liter/ return trip

Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$W_{fw} = C_{fw2} \times BHP$$

Ref: (Paper Tugas Akhir Andy Wibowo, halaman 51)

Dimana, koefisien pemakaian air tawar untuk mesin (2 ~ 5 kg / HP)

$$C_{fw2} = 2.000 \text{ kg/HP}$$

Sehingga,

$$C_{fw2} = 11.226 \text{ ton}$$

$$W_{fw} = 22.452 \text{ ton} \rightarrow 2 \text{ mesin}$$

Untuk cadangan air tawar, maka W_{fw} ditambah 10%

$$W_{fw} = 24.697 \text{ ton}$$

$$= 24696.963 \text{ kg}$$

$$\rho_{fw} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$V_{FW} = W_{FW \text{ Tot}} / \rho_{fw} + (4\% \times W_{FW \text{ Tot}}) / \rho_{fw}$$

; Ada penambahan dari Lubricating Oil system

$$= 25.68484 \text{ m}^3$$

EQUIPMENT AND OUTFITTING

1. Kursi Penumpang

Jumlah kursi = 238 unit

Massa Jenis = 600 kg/m³

Panjang = 1.13 m

Tebal = 0.04 m


Lebar = 0.45 m

Volume = 0.02034 m³

Berat kursi = 6 kg

Berat Total = 1428 kg

440mm 17inch Marine ferry boat passenger seat Quality Choice



golbond.en.alibaba.com

MEDEL:KH-06A

See larger image

440mm 17inch Marine ferry boat passenger seat Quality Choice

Inquiries: 100+

FOB Price: **US \$50 - 70 / Piece** | [Get Latest Price](#)

Min.Order Quantity: 10 Piece/Pieces

Supply Ability: 5000 Piece/Pieces per Month

Port: Shanghai

Payment Terms: L/C,D/A,D/P,T/T,Western Union,MoneyGram

[Contact Supplier](#) [Start Order](#)

[Leave Messages](#)

Trade Assurance

Place order online and pay to the designated bank account to get full protection.

100% Payment protection

3. Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya

Belum ditemukan formula tentang perhitungan peralatan navigasi, sehingga berat peralatan navigasi diasumsikan sebesar = 750 kg

4. Peralatan Keselamatan (Life Raft dan Life Jacket)

Life Raft

Life raft harus bisa menampung seluruh penumpang dan kru kapal

| | | |
|----------------------------------|-----|-------|
| Jumlah penumpang dan kru kapal = | 248 | orang |
| Kapasitas angkut 1 life raft = | 65 | orang |
| Life raft yang dibutuhkan = | 4 | buah |
| Total kapasitas life raft = | 260 | orang |
| Berat 1 unit life raft = | 80 | kg |
| Berat total 4 unit life raft = | 320 | kg |



See larger image

Marine liferaft

| | |
|---------------------|--|
| FOB Price: | US \$600 - 5,000 / Piece Get Latest Price |
| Min.Order Quantity: | 1 Piece/Pieces for Marine liferaft |
| Supply Ability: | 500 Piece/Pieces per Month for Marine liferaft |
| Port: | Shanghai or Ningbo |
| Payment Terms: | L/C,T/T,Western Union |

[Contact Supplier](#)

[Chat Now!](#)

| | | | |
|------------------------|--|-----------|--------------------|
| 3 | Berat Bahan Bakar (<i>Fuel Oil</i>) Mesin Induk | 1.943 | ton |
| 4 | Berat Bahan Bakar (<i>Diesel Oil</i>) Generator Set | 0.292 | ton |
| 5 | Berat Minyak Pelumas (<i>Lubricating Oil</i>) | 0.008 | ton |
| 6 | Berat Air Tawar (<i>Fresh Water</i>) | 32.137 | ton |
| 7 | Berat Air Kotor (<i>Sewage</i>) | 27.137 | ton |
| Total Berat Bagian DWT | | | |
| No | Komponen Berat Kapal Bagian DWT | Value | Unit |
| 1 | Berat Penumpang dan Barang Bawaan | 23.800 | ton |
| 2 | Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan | 1.000 | ton |
| 3 | Berat Bahan Bakar (<i>Fuel Oil</i>) Mesin Induk | 1.943 | ton |
| 4 | Berat Bahan Bakar (<i>Diesel Oil</i>) Generator Set | 0.292 | ton |
| 5 | Berat Minyak Pelumas (<i>Lubricating Oil</i>) | 0.008 | ton |
| 6 | Berat Air Tawar (<i>Fresh Water</i>) | 32.137 | ton |
| 7 | Berat Air Kotor (<i>Sewage</i>) | 27.137 | ton |
| Total | | 86.317 | ton |
| Berat Kapal Bagian LWT | | | |
| No | Item | Value | Unit |
| 1 | Berat Lambung (<i>hull</i>) Kapal | | |
| | <i>Dari software Maxsurf Modeler Advanced & AutoCAD, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i> | | |
| | Luas lambung kapal | 502247000 | mm ² |
| | | 502.247 | m ² |
| | Luas transom kapal | 19113000 | mm ² |
| | | 19.113 | m ² |
| | Total luasan lambung kapal | 521.360 | m ² |
| | Tebal pelat lambung kapal | 9 | mm |
| | | 0.009 | m |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 4.692 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 12669.048 | kg |
| | | 12.669 | ton |
| 2 | Berat Geladak (<i>deck</i>) Kapal | | |
| | <i>Dari software Maxsurf Modeler Advanced, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i> | | |
| | Luasan <i>main deck</i> kapal | 364673000 | mm ² |
| | | 364.673 | m ² |
| | Luasan <i>upper deck</i> kapal | 240130000 | mm ² |
| | | 240.130 | m ² |
| | Luas <i>forecastle deck</i> kapal | 33836000 | mm ² |
| | | 33.836 | m ² |
| | Total luasan geladak kapal | 638.639 | m ² |
| | Tebal pelat geladak kapal | 6 | mm |
| | | 0.006 | m |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 3.832 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 10345.952 | kg |
| | | 10.346 | ton |

| | | | |
|---|---|---------------|--------------------|
| 3 | Berat Konstruksi Lambung Kapal | | |
| | <i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% ~ 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i> | | |
| | Berat aluminium lambung + geladak kapal | 23.015 | ton |
| | 25% dari berat aluminium kapal | 5.754 | ton |
| | Berat Konstruksi Total | 28.769 | ton |
| 4 | Berat Bangunan Atas Kapal | | |
| | Luas permukaan dinding di <i>Main Deck</i> | 327419000 | mm ² |
| | Luas permukaan dinding di <i>Upper Deck</i> | 175415000 | mm ² |
| | Luas permukaan dinding di <i>Forecastle Deck</i> | 26329000 | mm ² |
| | Luasan permukaan total | 529.163 | m ² |
| | Tebal pelat aluminium | 6 | mm |
| | Berat jenis aluminium | 2700 | kg/m ³ |
| | Volume shell plate = luas x tebal | 3.175 | m ³ |
| | Total Berat Bangunan Atas Kapal | 8.572 | ton |
| | <i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% ~ 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i> | | |
| | 25% dari berat aluminium bangunan atas kapal | 2.143 | ton |
| | Berat Total | 10.716 | ton |
| 5 | Berat Railing | | |
| | <i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan rencana umum.</i> | | |
| | <i>Material railing menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm.</i> | | |
| | Panjang Railing | 28.000 | m |
| | Diameter pipa | 0.050 | m |
| | Tebal pipa | 5.000 | mm |
| | | 0.005 | m |
| | Luas permukaan railing | 4.398 | m ² |
| | Volume railing = luas x tebal | 0.022 | m ³ |
| | ρ aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 59.376 | kg |
| | | 0.059 | ton |
| 6 | Berat Tiang Penyangga | | |
| | <i>Panjang tiang penyangga didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan rencana umum.</i> | | |
| | <i>Material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm.</i> | | |
| | Tinggi tiang | 2.000 | m |
| | Jumlah tiang | 35 | |
| | Diameter pipa | 0.050 | m |
| | Tebal pipa | 0.003 | m |
| | Luas permukaan tiang | 10.996 | m ² |
| | Volume tiang | 0.033 | |
| | ρ aluminium | 2.70 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 89 | kg |
| | | 0.089 | ton |

| | | | |
|-----------|--|-----------------|--------------------|
| 7 | Equipment & Outfitting | | |
| | Berat kursi penumpang | 6 | kg |
| | Jumlah kursi penumpang | 238 | kursi |
| | Berat total kursi | 1428 | kg |
| | Peralatan navigasi | 750 | kg |
| | <i>Life Raft</i> | 320 | kg |
| | <i>Life Jacket</i> | 8750 | kg |
| | Kursi nahkoda | 120 | kg |
| | Perlengkapan kamar mandi (<i>washtafel, closet, dll</i>) | 160 | kg |
| | Perlengkapan kafetaria (kulkas, kompor, kursi, dll) | 200 | kg |
| | Pintu | 2000 | kg |
| | Pipa dan sistem kelistrikan kapal | 2500 | kg |
| | <i>Windlass</i> | 3000 | kg |
| | Berat Total | 19472 | kg |
| | | 19.472 | ton |
| 8 | Berat Atap Kapal | | |
| | <i>Material atap menggunakan pelat aluminium dengan tebal 6 mm</i> | | |
| | <i>Luasan atap didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i> | | |
| | Luas atap kapal | 155836000 | mm ² |
| | | 155.836 | m ² |
| | Tebal pelat | 6 | mm |
| | | 0.006 | m |
| | Volume atap = luas x tebal | 0.935 | m ³ |
| | <i>r</i> aluminium | 2.7 | gr/cm ³ |
| | | 2700 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 2524.543 | kg |
| | | 2.525 | ton |
| 9 | Berat Kaca | | |
| | <i>Luasan kaca didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i> | | |
| | Luas kaca | 137894932 | mm ² |
| | | 137.895 | m ² |
| | Tebal kaca | 5.000 | mm |
| | | 0.005 | m |
| | Volume kaca = luas x tebal | 0.689 | m ³ |
| | <i>r</i> kaca | 2.58 | gr/cm ³ |
| | | 2580 | kg/m ³ |
| | Berat Total | 1778.845 | kg |
| | | 1.779 | ton |
| 10 | Generator | | |
| | <i>Diambil dari katalog CAT 3512E</i> | | |
| | Berat | 8176 | kg/unit |
| | Jumlah | 2 | unit |
| | Berat Total | 16352 | kg |
| | | 16.352 | ton |
| 11 | Berat Main Engine | | |
| | <i>Diambil dari katalog General Electric - GE Aviation Datasheet (LM500 - The 4.5 MW Engine)</i> | | |
| | Jumlah Main Engine | 2 | unit |
| | Berat Main Engine | 905 | kg/unit |
| | Berat Total | 1810 | kg |
| | | 1.810 | ton |

| | | | |
|---|---|---------|------------|
| 12 | Berat <i>Waterjet</i> | | |
| | Diambil dari katalog <i>Rolls-Royce S3 - Series (S3-56)</i> | | |
| | Jumlah Waterjet | 2 | unit |
| | Berat Waterjet | 3290 | kg/unit |
| | Berat Total | 6580 | kg |
| | | 6.580 | ton |
| Total Berat Bagian LWT | | | |
| No | Komponen Berat Kapal Bagian LWT | Value | Unit |
| 1 | Berat Lambung (<i>hull</i>) Kapal | 12.669 | ton |
| 2 | Berat Geladak (<i>deck</i>) Kapal | 10.346 | ton |
| 3 | Berat Konstruksi Lambung Kapal | 5.754 | ton |
| 4 | Berat Bangunan Atas Kapal | 10.72 | ton |
| 5 | Berat <i>Railing</i> | 0.059 | ton |
| 6 | Berat Tiang Penyangga | 0.089 | ton |
| 7 | <i>Equipment & Outfitting</i> | 19.472 | ton |
| 8 | Berat Atap Kapal | 2.525 | ton |
| 9 | Berat Kaca | 1.779 | ton |
| 10 | Berat <i>Main Engine</i> | 1.810 | ton |
| 11 | Berat <i>Generator Set</i> (Genset) | 16.352 | ton |
| 12 | Berat <i>Waterjet</i> | 6.580 | ton |
| Total | | 88.150 | ton |
| Total Berat Kapal (DWT + LWT) | | | |
| No | Komponen Berat Kapal | Value | Unit |
| 1 | Berat Kapal Bagian DWT | 86.317 | ton |
| 2 | Berat Kapal Bagian LWT | 88.150 | ton |
| Total | | 174.467 | ton |
| Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes | | | |
| No | Komponen Berat Kapal | Value | Unit |
| 1 | Displacement = Pemodelan Maxsurf | 178.3 | ton |
| 2 | DWT | 86.317 | ton |
| 3 | LWT | 88.150 | ton |
| 4 | Displacement = DWT + LWT | 174.467 | ton |
| Selisih | | 3.833 | ton |
| | | 2.20% | (2% ~ 10%) |

| Titik Berat Kapal (Dari AP) | | | | | | |
|--|--------|-----------|---------|--------|-------------|-------------|
| | | | | | | |
| Berat dan Titik Berat Equipment and Outfitting | | | | | | |
| Nama | Jumlah | W (kg) | LCG (m) | KG (m) | W x LCG | W x KG |
| Kursi penumpang | 238 | 1428 | 16.5 | 3.50 | 23562 | 4998 |
| Peralatan navigasi | 1 | 750 | 29.8 | 6.70 | 22350 | 5025 |
| Life Raft | 1 | 320 | 15.15 | 5.20 | 4848 | 1664 |
| Life Jacket | 1 | 8750 | 17.025 | 3.45 | 148969 | 30188 |
| Kursi nahkoda | 2 | 120 | 28.5 | 6.30 | 3420 | 756 |
| Perlengkapan kamar mandi (washtafel, closet, dll) | 10 | 160 | 7 | 3.30 | 1120 | 528 |
| Perlengkapan kafetaria (kulkas, kompor, kursi, dll) | 1 | 200 | 21.5 | 3.50 | 4300 | 700 |
| Pintu | 1 | 2000 | 28.5 | 3.50 | 57000 | 7000 |
| Pipa dan sistem kelistrikan kapal | 1 | 2500 | 7.5 | 1.30 | 18750 | 3250 |
| Windlass | 1 | 3000 | 33.8 | 4.00 | 101400 | 12000 |
| | | 19.228 | | | 385.719 | 66.109 |
| | | Σ 1 (ton) | | | Σ 2 ton.m) | Σ 3 (ton.m) |
| | | | | | | |
| Berat Equipment = | | Σ 1 | | | | |
| | | = | 19.228 | ton | | |
| | | | | | | |
| LCG dari AP = | | Σ 2/ Σ 1 | | | | |
| | | = | 20.060 | m | | |
| | | | | | | |
| KG = | | Σ 3/ Σ 1 | | | | |
| | | = | 3.438 | m | | |
| | | | | | | |
| Berat dan Titik Berat Permesinan dan Sistem Propulsi | | | | | | |
| Nama | Jumlah | W (kg) | LCG (m) | KG (m) | W x LCG | W x KG |
| Main Engine | 2 | 1810 | 4.2422 | 1.7867 | 7678.382 | 3233.927 |
| Generator Set | 2 | 16352 | 4.3983 | 3.6112 | 71921.002 | 59050.342 |
| Waterjet | 2 | 6580 | 1.8539 | 0.5844 | 12198.662 | 3845.352 |
| | | 24.742 | | | 91.798 | 66.130 |
| | | Σ 1 (ton) | | | Σ 2 (ton.m) | Σ 3 (ton.m) |
| | | | | | | |
| Berat Permesinan = | | Σ 1 | | | | |
| | | = | 24.742 | ton | | |
| | | | | | | |
| LCG dari AP = | | Σ 2/ Σ 1 | | | | |
| | | = | 3.710 | m | | |
| | | | | | | |
| KG = | | Σ 3/ Σ 1 | | | | |
| | | = | 2.673 | m | | |

| Rekap Berat dan Titik Berat DWT | | | | | |
|---------------------------------|------------------|---------|--------|--------------------|-------------------|
| Nama | W (kg) | LCG (m) | KG (m) | LCG x W | KG x W |
| Tangki <i>fuel oil</i> | 1943.39 | 10.500 | 0.600 | 20405.621 | 1166.036 |
| Tangki <i>diesel oil</i> | 291.51 | 12.600 | 0.500 | 3673.012 | 145.754 |
| Tangki <i>lubricating oil</i> | 7.89 | 13.800 | 0.500 | 108.838 | 3.943 |
| Tangki <i>fresh water</i> | 32136.96 | 21.300 | 1.250 | 684517.320 | 40171.204 |
| Tangki <i>sewage</i> | 27136.96 | 16.500 | 1.250 | 447759.896 | 33921.204 |
| Penumpang, crew, dan bawaan | 23800 | 15.440 | 4.554 | 367472.000 | 108373.300 |
| Σ = | 85.317 | | | 1523.937 | 183.781 |
| | Σ 1 (ton) | | | Σ 2 (ton.m) | Σ 3(ton.m) |

| | | |
|-----|------------|-----|
| W = | Σ 1 | |
| = | 85.317 | ton |

| | | |
|---------------|------------------------|---|
| LCG dari AP = | Σ 2/ Σ 1 | |
| = | 17.862 | m |

| | | |
|------|------------------------|---|
| KG = | Σ 3/ Σ 1 | |
| = | 2.154 | m |

| Rekapitulasi Total Berat dan Titik Berat | | | | | |
|--|-----------------|---------|--------|-------------------|-------------------|
| Nama | W (kg) | LCG (m) | KG (m) | W x LCG | W x KG |
| DWT | | | | | |
| Tangki <i>fuel oil</i> | 1943.393 | 10.500 | 0.600 | 20405.621 | 1166.036 |
| Tangki <i>diesel oil</i> | 291.509 | 12.600 | 0.500 | 3673.012 | 145.754 |
| Tangki <i>lubricating oil</i> | 7.887 | 13.800 | 0.500 | 108.838 | 3.943 |
| Tangki <i>fresh water</i> | 32136.963 | 21.300 | 1.250 | 684517.320 | 40171.204 |
| Tangki <i>sewage</i> | 27137 | 16.500 | 1.250 | 447759.896 | 33921.204 |
| Penumpang, crew, dan bawaan | 23800 | 15.440 | 4.554 | 367472 | 108373.300 |
| LWT | | | | | |
| Berat permesinan dan propulsi | 24742 | 3.710 | 2.673 | 91798.046 | 66129.621 |
| Berat equipment and outfitting | 19228 | 20.060 | 3.438 | 385718.750 | 66108.500 |
| Berat railing | 59.376 | 18.000 | 3.875 | 1068.770 | 230.082 |
| Berat konstruksi aluminium (lambung dan geladak) | 28768.750 | 17.733 | 4.482 | 510156.239 | 128950.167 |
| | 158.115 | | | 2512.678 | 445.200 |
| | Σ 1(ton) | | | Σ 2(ton.m) | Σ 3(ton.m) |

| | | |
|-----|------------|-----|
| W = | Σ 1 | |
| = | 158.115 | ton |

| | | |
|---------------|------------------------|---|
| LCG dari AP = | Σ 2/ Σ 1 | |
| = | 15.891 | m |

| | | |
|------|------------------------|---|
| KG = | Σ 3/ Σ 1 | |
| = | 2.816 | m |

| Perhitungan Kapasitas Ruang Muat | | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|---|----------------|----|
| Input Data | | | | 7. Konstanta Deduction | | | K |
| $L_{pp} =$ | 35.500 | m | | $s =$ | 0.02 | 0.02 | 1. |
| $B =$ | 8.700 | m | | | | | |
| $H =$ | 2.500 | m | | 8. Kamar Mesin | | | |
| $T =$ | 1.630 | m | | $\ell_{KM} =$ | 5.972 | m | |
| $C_B =$ | 0.436 | m | | $b_{KM} =$ | 65% · B | | |
| $C_M =$ | 0.513 | m | | | = 5.655 | m | |
| Perhitungan | | | | $h_{KM} =$ | H | | |
| | | | | | = 2.500 | m | |
| 1. Chamber | | | | $V_{KM} =$ | $\ell_{KM} \cdot b_{KM} \cdot h_{KM}$ | | |
| $C =$ | $(\frac{1}{50}) \cdot B$ | | | | = 84.4292 | m ³ | 2. |
| | = 0.174 | | | | | | |
| $C_m =$ | $\frac{2}{3} \cdot C$ | | | 9. Ceruk Buritan | | | |
| | = 0.116 | | | $\ell_{CB} =$ | 5% · Lpp | 5% · Lpp | |
| 2. Sheer | | | | | = 1.775 | m | V |
| kapal tidak menggunakan sheer | | | | $b_{CB} =$ | 50% · B | 50% · B | |
| $S_a =$ | 0 | | | | = 4.35 | m | |
| $S_f =$ | 0 | | | $h_{CB} =$ | H | | |
| $S_m =$ | 0 | | | | = 2.500 | | |
| 3. D' ; IGM Santosa hal. 58 | | | | $V_{CB} =$ | 0.5 · ℓ_{CB} · b_{CB} · h_{CB} | | |
| $D' =$ | H + C_m + S_m | | | | = 9.652 | m ³ | |
| | = 2.616 | m | | 10. Ceruk Haluan | | | |
| 4. C _B Deck | | | | $\ell_{CH} =$ | 7.5% · Lpp | | |
| Section = | Normal Section | | | | = 2.6625 | m | |
| $c =$ | 0 | | | $b_{CH} =$ | 50% · B | | |
| $C_B \text{ Deck} =$ | $C_B + c \cdot (\frac{H}{T} - 1) \cdot (1 - C_B)$ | | | | = 4.35 | m | |
| | = 0.436 | m | | $h_{CH} =$ | H | | |
| | | | | | = 2.500 | | |
| 5. Volume Dibawah Upperdeck Diantara L _{pp} | | | | $V_{CH} =$ | 0.5 · ℓ_{CH} · b_{CH} · h_{CH} | | |
| $V_h =$ | $C_B \text{ Deck} \cdot L_{pp} \cdot B \cdot D'$ | | | | = 14.4773 | m ³ | |
| | = 352.267 | m ³ | m ³ | 11. V _M | | | |
| | | | | $V_M =$ | $V_{KM} + V_{CB} + V_{CH}$ | | |
| 6. Volume Muatan Diatas Geladak | | | | | = 108.558 | m ³ | |
| $V_u =$ | 313.399 | m ³ | | 12. V _R | | | |
| | | | | $V_R =$ | $(V_h - V_m) \cdot (1 + s) + V_u$ | | |
| | | | | | = 561.9818 | m ³ | |

| | | | | | | | |
|--|-------|--|--|---|-------|--|--|
| Koreksi | | | | | | | |
| 1. Double Bottom | | | | 3. Double Hull | | | |
| $\ell_{DB} = \ell_{RM}$ | | | | $L_{DS} = 0$ | m | | |
| $= 0$ | m | | | $B_{DS} = 0$ | | | |
| $b_{DB} = B$ | | | | $H_{DS} = H - H_{DB}$ | | | |
| $= 8.700$ | m | | | $= 2.500$ | m | | |
| $H_{DB} = 0$ | m | | | $V_{DS} = L_{DS} \cdot B_{DS} \cdot H_{DS}$ | | | |
| $V_{DB} = \ell_{DB} \cdot b_{DB} \cdot H_{db}$ | | | | $= 0$ | m^3 | | |
| $= 0$ | m^3 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2. Koferdam | | | | | | | |
| $V_{CF} = \ell_{CF} \cdot b_{CF} \cdot h_{CF}$ | | | | | | | |
| $= 0$ | m^3 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Volume Ruang Muat | | | | | | | |
| $V_R' = V_R - (V_{DB} + V_{CF} + V_{DS})$ | | | | | | | |
| $= 561.982$ | m^3 | | | | | | |

PERENCANAAN DIMENSI FOIL

Input Data

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------|------|---------------|--|--------------------|--|------------|---|--|
| Lebar Kapal = | 8.7 | m | $\rho =$ | 1025 | kg/m ³ | Jarak foil depan dan belakang = | 27.6505755 | m | |
| $V_{\text{takeoff (1)}} =$ | 28 | Knot | = | 1.025 | ton/m ³ | Jarak foil depan ke titik berat (LCG) = | 13.5069235 | m | |
| = | 14.4032 | m/s | Lift = | $\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C_L$ | | Jarak foil belakang ke titik berat (LCG) = | 14.144012 | m | |
| $V_{\text{takeoff (2)}} =$ | 30 | Knot | | | | | | | |
| = | 15.432 | m/s | Drag = | $\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C_D$ | | LCG from AP = | 19.478 | m | |
| $V_{\text{service}} =$ | 40 | Knot | | | | LCG from Midship = | 1.728 | m | |
| = | 20.576 | m/s | Berat Kapal = | 178.3 | ton | ; Didapat dari Hasil Analisa Equilibrium Maxsurf | | | |
| $V_{\text{max}} =$ | 45 | Knot | = | 1776.584121 | kN | | | | |
| = | 23.148 | m/s | = | 1776584.121 | N | | | | |

• Bagian Belakang

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----|---------------------|--------------|---|----------------------|--|--|--|
| Berat Bagian Belakang = | 92.42 | ton | Perencanaan Span = | 8.7 | m | ; Asumsi Lebar Kapal | | | |
| = | 920.874 | kN | Perencanaan Chord = | 1.15 | m | | | | |
| = | 920874.3942 | N | Aspect Ratio = | span / chord | | | | | |
| Lift yang dibutuhkan = | 920874.3942 | N | = | 7.565217391 | | | | | |

Nilai Lift pada Beberapa Kecepatan

| No | α (deg) | C_L | Chord (m) | Span (m) | Aspect Ratio | Lift Kebutuhan | Lift (28 Knot) | Lift (30 Knot) | Lift (40 Knot) | Lift (45 Knot) |
|----|----------------|-------|-----------|----------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0° | 0.1 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 106,372.40 | 122,111.17 | 217,086.52 | 274,750.13 |
| 2 | 2° | 0.35 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 372,303.39 | 427,389.09 | 759,802.83 | 961,625.46 |
| 3 | 4° | 0.55 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 585,048.18 | 671,611.43 | 1,193,975.88 | 1,511,125.73 |
| 4 | 6° | 0.8 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 850,979.17 | 976,889.36 | 1,736,692.19 | 2,198,001.06 |
| 5 | 8° | 1 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,063,723.97 | 1,221,111.70 | 2,170,865.24 | 2,747,501.32 |
| 6 | 10° | 1.2 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,276,468.76 | 1,465,334.04 | 2,605,038.29 | 3,297,001.59 |
| 7 | 12° | 1.35 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,436,027.36 | 1,648,500.79 | 2,930,668.08 | 3,709,126.78 |
| 8 | 14° | 1.55 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,648,772.15 | 1,892,723.13 | 3,364,841.13 | 4,258,627.05 |
| 9 | 16° | 1.525 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,622,179.05 | 1,862,195.34 | 3,310,569.49 | 4,189,939.52 |
| 10 | 18° | 1.3 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 1,382,841.16 | 1,587,445.21 | 2,822,124.81 | 3,571,751.72 |
| 11 | 20° | 0.9 | 1.15 | 8.7 | 7.565217391 | 920874.39 | 957,351.57 | 1,099,000.53 | 1,953,778.72 | 2,472,751.19 |

| Nilai Drag pada Beberapa Kecepatan | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|
| No | α (deg) | C _D | Chord (m) | Span (m) | Lift Kebutuhan | Drag (28 Knot) | Drag (30 Knot) | Drag (40Knot) | Drag (45 Knot) | | |
| 1 | 0° | 0.004 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 4,254.90 | 4,884.45 | 8,683.46 | 10,990.01 | | |
| 2 | 2° | 0.0045 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 4,786.76 | 5,495.00 | 9,768.89 | 12,363.76 | | |
| 3 | 4° | 0.0075 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 7,977.93 | 9,158.34 | 16,281.49 | 20,606.26 | | |
| 4 | 6° | 0.0095 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 10,105.38 | 11,600.56 | 20,623.22 | 26,101.26 | | |
| 5 | 8° | 0.011 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 11,700.96 | 13,432.23 | 23,879.52 | 30,222.51 | | |
| 6 | 10° | 0.0145 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 15,424.00 | 17,706.12 | 31,477.55 | 39,838.77 | | |
| 7 | 12° | 0.019 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 20,210.76 | 23,201.12 | 41,246.44 | 52,202.53 | | |
| 8 | 14° | 0.02 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 21,274.48 | 24,422.23 | 43,417.30 | 54,950.03 | | |
| 9 | 16° | 0.01975 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 21,008.55 | 24,116.96 | 42,874.59 | 54,263.15 | | |
| 10 | 18° | 0.016 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 17,019.58 | 19,537.79 | 34,733.84 | 43,960.02 | | |
| 11 | 20° | 0.01 | 1.15 | 8.7 | 92.42 | 10,637.24 | 12,211.12 | 21,708.65 | 27,475.01 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| • Bagian Depan | | | | | | | | | | | |
| Berat Bagian Depan = | | 86.37 ton | | Perencanaan Span = | | 6.5 m | | C _L = | | | |
| | | = 860.592 kN | | Perencanaan Chord = | | 1.15 m | | $C_{L(2D)} \times \left(\frac{AR}{AR + 2} \right) \times \alpha$ | | | |
| | | = 860592.0951 N | | Aspect Ratio = | | span / chord | | S = span x chord | | | |
| Lift yang dibutuhkan = | | 860592.0951 N | | | | = 5.652173913 | | = 7.475 m | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Nilai Lift pada Beberapa Kecepatan | | | | | | | | | | | |
| No | α (deg) | α (rad) | C _L | Chord (m) | Span (m) | Aspect Ratio | Lift Kebutuhan | Lift (28 Knot) | Lift (30 Knot) | Lift (40 Knot) | Lift (45 Knot) |
| 1 | 0° | 0.000 | 0 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2° | 0.035 | 0.162001152 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 128,748.20 | 147,797.67 | 262,751.42 | 332,544.77 |
| 3 | 4° | 0.070 | 0.324002304 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 257,496.39 | 295,595.35 | 525,502.84 | 665,089.53 |
| 4 | 6° | 0.105 | 0.486003455 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 386,244.59 | 443,393.02 | 788,254.26 | 997,634.30 |
| 5 | 8° | 0.140 | 0.648004607 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 514,992.78 | 591,190.69 | 1,051,005.68 | 1,330,179.06 |
| 6 | 10° | 0.175 | 0.810005759 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 643,740.98 | 738,988.37 | 1,313,757.10 | 1,662,723.83 |
| 7 | 12° | 0.209 | 0.972006911 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 772,489.17 | 886,786.04 | 1,576,508.52 | 1,995,268.59 |
| 8 | 14° | 0.244 | 1.134008063 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 901,237.37 | 1,034,583.72 | 1,839,259.94 | 2,327,813.36 |
| 9 | 16° | 0.279 | 1.296009214 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,029,985.57 | 1,182,381.39 | 2,102,011.36 | 2,660,358.13 |
| 10 | 18° | 0.314 | 1.458010366 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,158,733.76 | 1,330,179.06 | 2,364,762.78 | 2,992,902.89 |
| 11 | 20° | 0.349 | 1.620011518 | 1.15 | 6.5 | 5.652 | 860592.10 | 1,287,481.96 | 1,477,976.74 | 2,627,514.20 | 3,325,447.66 |

FREEBOARD CALCULATION

Kapal penyeberangan hidrofoil (jetfoil) merupakan kapal dengan panjang lebih dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan "*International Convention on Load Lines (ICLL) - 1966.*"

Input Data

| | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|--|----------------|---|-----------------|----------------|
| H | = | 2.5 | m | | Ñ | = | 173.900 | m ³ |
| d | = | 0.85 · H | | | B ₁ | = | 8.7 | m |
| | = | 2.125 | m | | C _B | = | ∇ / (L x B x d) | |
| L | = | L _{WL} | | | | = | 0.264967765 | |
| | = | 35.5 | m | | | | | |
| L | = | 35.5 | m | | | | | |

1. Tipe Kapal

(ICLL) *International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27* menyebutkan bahwa, Kapal Tipe A adalah:

- a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka
- c. Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal penyeberangan hidrofoil (jetfoil) termasuk kapal **Tipe B**.

2. Lambung Timbul (ICLL Chapter 3, Reg. 28, Freeboard Table for Type B Ships)

Untuk kapal dengan,

| L (m) | | F _b (mm) |
|-------|---|---------------------|
| 35 | ⇒ | 292 |
| 36 | ⇒ | 300 |

Interpolasi:

| | | | | | | | | |
|------|---|-------|----|--|-----------------|---|-------|----|
| 35.5 | ⇒ | 296 | mm | | Fb ₁ | = | 296 | mm |
| | ⇒ | 0.296 | m | | Fb ₁ | = | 29.6 | cm |
| | | | | | | = | 0.296 | m |

Maka,

Untuk kapal Tipe B dengan panjang dibawah 100 meter, tinggi *freeboard* ditambah 50 mm

(ICLL) *International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27*

| | | | |
|-----------------|---|-------|----|
| Fb ₂ | = | 346 | mm |
| | = | 0.346 | m |

Koreksi

1. Koefisien Blok

Koreksi C_B hanya untuk kapal dengan C_B > 0.68

| | | | |
|----------------|---|--------|-------------------|
| C _B | = | 0.2650 | Tidak ada koreksi |
|----------------|---|--------|-------------------|

2. Depth (D)

| | | |
|------|---|-----------|
| L/15 | = | 2.3666667 |
|------|---|-----------|

| | | | |
|---|---|-----|---|
| D | = | 2.5 | m |
|---|---|-----|---|

jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi

jika, D > L/15 ; lambung timbul standar ditambah dengan (D-(L / 15))R cm

dimana R = (L/0.48)

| | | | | | |
|---|---|------|-------|--|-----------------|
| D | > | L/15 | maka, | | R = 73.95833333 |
|---|---|------|-------|--|-----------------|

| | | | |
|---------|---|--------------------|----|
| Koreksi | = | (D - (L / 15)) x R | mm |
|---------|---|--------------------|----|

| | | | | | | |
|--|---|-------|----|---|----------|---|
| | = | 9.861 | mm | = | 0.009861 | m |
|--|---|-------|----|---|----------|---|

| | | | |
|-----------------|---|--------|---|
| Fb ₃ | = | 0.3559 | m |
|-----------------|---|--------|---|

3. Koreksi lambung timbul untuk kapal dibawah 100 meter

(ICLL Chapter 3, Reg. 29, Correction to the Freeboard for Ships under 100 metres (328 feet) in length)

Koreksi = $7.5 \times (100-L) \times (0.35-(E / L))$ millimetres

= 26.23 mm

E = panjang efektif bangunan atas

= 0.2623 m

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0.262 m

Total Lambung Timbul

$F_b' = F_{b3} - \text{Koreksi lambung timbul kapal dibawah 100 m}$

= 0.094 m

Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya

$F_b = H - T$

= 0.87 m

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Disyaratkan

Kondisi = Diterima

| Lambung Timbul | Nilai | Satuan |
|---------------------------------|-----------------|--------|
| Lambung Timbul yang Disyaratkan | 0.094 | m |
| Lambung Timbul Sebenarnya | 0.87 | m |
| Kondisi | Diterima | |

Perhitungan Tonase

[According to : International Convention Tonnage Measurement 1969]

Input Data

| | | | | | | | |
|-----------------|---|------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| H | = | 2.50 m | | | | | |
| T | = | 1.63 m | | | | | |
| V _{DH} | = | 531.663 m ³ | | | | | |
| ∇ | = | 173.900 m ³ | | | | | |
| Zc | = | 10 orang | | | | | |
| N ₁ | = | 238 orang | ; asumsi jumlah penumpang dalam kabin | | | | |
| N ₂ | = | 228 orang | | | | | |

Gross Tonnage

| | | | | | | | |
|----------------|---|---|--|--|--|--|--|
| V _U | = | $\nabla \cdot \left(\left(1.25 \cdot \frac{H}{T} \right) - 0.115 \right)$ | ; Volume geladak dibawah geladak cuaca | | | | |
| | = | 313.399 m ³ | | | | | |
| V _H | = | V _{DH} | ; Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca | | | | |
| | = | 531.663 m ³ | | | | | |
| V | = | V _U + V _H | ; Total volume ruang tertutup | | | | |
| | = | 845.062 m ³ | | | | | |
| K ₁ | = | 0.2 + 0.02 · log ₁₀ V | | | | | |
| | = | 0.259 | | | | | |
| GT | = | V · K ₁ | | | | | |
| | = | 218.480 GT | | | | | |

Net Tonnage

| | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---|---------------------------|------------------|---------------|--|--|
| V _R | = | 561.982 m ³ | ; Total Volume ruang muat | | | | |
| K ₂ | = | 0.2 + 0.02 · log ₁₀ V _C | | | | | |
| | = | 0.255 | | | | | |
| K ₃ | = | $1.25^{\frac{GT+10000}{10000}}$ | | | | | |
| | = | 1.256 | | | | | |
| a | = | $K_2 \cdot V_{rr} \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2$ | | | | | |
| | = | 108.299 | | | | | |
| Jadi, | a ≥ 0.25 · GT | Accepted | | 0.25 GT = | 54.620 | | |
| NT | = | $a + K_3 \cdot \left(N_1 \cdot \frac{N_1}{10} \right)$ | | | | | |
| | = | 437.149 NT | | | | | |
| Jadi, | NT ≥ 0.30 · GT | Accepted | | 0.30 GT = | 65.544 | | |

Perhitungan Trim

Perhitungan *trim* dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf Stability Advanced* dan dibandingkan dengan beberapa batasan berikut:

| | | | | | |
|---|--------|----------------|--|--|--|
| <u>Ukuran Utama</u> | | | | | |
| $L_{PP} =$ | 35.50 | m | | | |
| $T =$ | 1.63 | m | | | |
| $H =$ | 2.50 | m | | | |
| $B =$ | 8.70 | m | | | |
| $\tilde{N} =$ | 173.90 | m ³ | | | |
| $C_B =$ | 0.436 | | | | |
| $C_M =$ | 0.909 | | | | |
| $C_P =$ | 0.850 | | | | |
| $C_{WP} =$ | 0.909 | | | | |
| <u>Batasan Trim</u> | | | | | |
| <i>Trim</i> maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulation 5-1 | | | | | |
| $0.5\% \times L_{WL} =$ | 0.1775 | m | | | |

| Perhitungan Trim Menurut Maxsurf Stability Advanced | | | | | |
|---|---|----------|--------------|----------------|--|
| Trim kondisi 100% penumpang | | | Kondisi trim | Kondisi Syarat | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.224 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.120 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | -0.067 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Trim kondisi 70% penumpang | | | Kondisi trim | Kondisi Syarat | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.206 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.089 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | -0.021 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Trim kondisi 30% penumpang | | | Kondisi trim | Kondisi Syarat | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100% | = | -0.182 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50% | = | -0.047 m | Trim Haluan | <i>Passed</i> | |
| Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10% | = | 0.048 m | Trim Buritan | <i>Passed</i> | |

| Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|---------------|
| No | Kriteria | Kondisi Loadcase Saat Consumable | | | | | | | | | Satuan | Kondisi |
| | | Pengunjung 30% | | | Pengunjung 70% | | | Pengunjung 100% | | | | |
| | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | Fuel Oil | | | | |
| | | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | | |
| 1 | Area 0 to 30 (≥3.1513) | 16.902 | 19.686 | 21.362 | 13.414 | 16.671 | 18.802 | 11.023 | 14.547 | 16.959 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 2 | Area 0 to 40 (≥5.1566) | 30.261 | 33.747 | 35.759 | 25.111 | 29.359 | 32.092 | 21.584 | 26.274 | 29.456 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 3 | Area 30 to 40 (≥1.7189) | 13.359 | 14.061 | 14.397 | 11.697 | 12.688 | 13.289 | 10.561 | 11.728 | 12.498 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 4 | Max GZ at 30 or greater (≥0.2) | 1.900 | 2.034 | 2.056 | 1.744 | 1.889 | 1.927 | 1.635 | 1.786 | 1.833 | m | <i>Passed</i> |
| 5 | θGZmax ≥ 25° | 59.1 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | deg | <i>Passed</i> |
| 6 | GM ≥ 0.15 | 2.128 | 3.134 | 3.601 | 2.608 | 3.134 | 3.595 | 2.617 | 3.139 | 3.712 | m | <i>Passed</i> |
| 7 | Passenger Crowding (≤10°) (angle of equilibrium) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 2.8 | deg | <i>Passed</i> |
| 8 | Turn : angle of equilibrium (≤10°) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 2.8 | deg | <i>Passed</i> |
| 9 | Severe wind and rolling | | | | | | | | | | | |
| | Angle of steady heel shall not be greater than (≤16°) | 8.1 | 5.1 | 3.5 | 9.8 | 6.4 | 4.5 | 11.1 | 7.4 | 5.3 | deg | <i>Passed</i> |
| | Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (≤80%) | 33.02 | 23.39 | 18.87 | 41.78 | 31.05 | 25.8 | 48.74 | 37.17 | 31.51 | % | <i>Passed</i> |
| | Area1 / Area2 shall not be less than (≥100%) | 168.12 | 192.07 | 213.05 | 144.07 | 171.67 | 195.35 | 128.22 | 157.54 | 182.80 | % | <i>Passed</i> |

| Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Ferry Hydrofoil</i> | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|---------------|
| No | Kriteria | Kondisi Loadcase Saat Consumable | | | | | | | | | Satuan | Kondisi |
| | | Pengunjung 30% | | | Pengunjung 70% | | | Pengunjung 100% | | | | |
| | | <i>Fuel Oil</i> | | | <i>Fuel Oil</i> | | | <i>Fuel Oil</i> | | | | |
| | | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | 10% | 50% | 100% | | |
| HSC 2000 ANNEX 8 MONOHULL - INTACT | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Weather criterion from IMO A.749 (18) | | | | | | | | | | | |
| | Angle of steady heel shall not be greater than (≤16°) | 5 | 3.1 | 2.1 | 7 | 4.5 | 3.2 | 8.3 | 5.5 | 5 | deg | <i>Passed</i> |
| | Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than (≤80%) | 21.72 | 15.34 | 12.33 | 31.62 | 23.49 | 19.65 | 39.16 | 29.89 | 21.72 | % | <i>Passed</i> |
| | Area1 / Area2 shall not be less than | 244.13 | 252.15 | 262.20 | 209.37 | 224.84 | 239.86 | 185.89 | 205.88 | 244.13 | % | <i>Passed</i> |
| 2 | Area 0 to 30 (≥3.1510) | 16.902 | 19.686 | 21.362 | 13.414 | 16.671 | 18.802 | 11.023 | 14.547 | 16.902 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 3 | Area 30 to 40 (≥1.7190) | 13.359 | 14.061 | 14.397 | 11.697 | 12.688 | 13.289 | 10.561 | 11.728 | 13.359 | m.deg | <i>Passed</i> |
| 4 | Max GZ at 30 or greater (≥0.2) | 1.900 | 2.034 | 2.056 | 1.744 | 1.889 | 1.927 | 1.635 | 1.786 | 1.900 | m | <i>Passed</i> |
| 5 | θGZmax ≥ 15° | 59.1 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | 60 | 60 | 59.1 | deg | <i>Passed</i> |
| 6 | GM ≥ 0.15 | 2.128 | 3.134 | 3.601 | 2.608 | 3.134 | 3.595 | 2.617 | 3.139 | 2.128 | m | <i>Passed</i> |
| HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - HULL BORNE MODE | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Angle of equilibrium (≤10°) | | | | | | | | | | | |
| | -High-speed turning | 8.6 | 4.1 | 2.8 | 9.7 | 6.6 | 4.7 | 9.4 | 8.6 | 8.6 | deg | <i>Passed</i> |
| | -Wind heeling | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |
| HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - TRANSITIONAL AND FOIL BORNE MODES | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Passenger Crowding (≤8°) (angle of equilibrium) (Foil Borne Mode) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |
| | Passenger Crowding (≤12°) (angle of equilibrium) (Transitional Mode) | 1.9 | 1.2 | 0.8 | 4.2 | 2.7 | 2 | 5.7 | 3.8 | 1.9 | deg | <i>Passed</i> |

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN EKONOMIS DESAIN *FERRY HYDROFOIL*

| BUILDING COST | | | | |
|--------------------------------|--|--|---------------------|------------|
| | No | Item | Value | Unit |
| Aluminium Kapal dan Konstruksi | 1 | Lambung Kapal (Hull) | | |
| | | <i>(Tebal pelat = 9 mm, jenis material = aluminium)</i> | | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017)</i> | | |
| | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | Berat Lambung Kapal | 13 | ton |
| | | Harga Lambung Kapal | \$ 8,234.88 | USD |
| | 2 | Geladak Kapal (Deck) | | |
| | | <i>(Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium)</i> | | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017)</i> | | |
| | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | Berat Geladak Kapal | 10 | ton |
| | | Harga Geladak Kapal | \$ 6,724.87 | USD |
| | 3 | Bangunan Atas Kapal | | |
| | | <i>(Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium)</i> | | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017)</i> | | |
| | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | Berat Bangunan Atas Kapal | 8.572 | ton |
| | | Harga Bangunan Atas Kapal | \$ 5,572.09 | USD |
| | 4 | Konstruksi Lambung Kapal | | |
| | | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 4 Desember 2017) berat konstruksi lambung kapal diambil 25% dari berat lambung kapal</i> | | |
| | | Harga | 650 | USD/ton |
| | | Berat Konstruksi Lambung Kapal | 2.143 | ton |
| | | Harga Konstruksi Lambung Kapal | \$ 1,393.02 | USD |
| | 5 | Elektroda | | |
| | | <i>(Diasumsikan 6% dari berat pelat kapal)</i> | | |
| | | <i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i> | | |
| | | Harga | 2590 | USD/ton |
| | | Berat pelat kapal total (lambung, geladak, bangunan atas, dan konstruksi lambung kapal) | 2.024 | ton |
| | | Harga Elektroda | \$ 5,241.73 | USD |
| | Total Harga Pelat dan Elektroda Aluminium Kapal | | \$ 27,166.59 | USD |

| No | Item | Value | Unit |
|----|--|---------------------|--------------------|
| 1 | Railing dan Tiang Penyangga | | |
| | <i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i> | | |
| | <i>Sumber: www.metalsdepot.com</i> | | |
| | Harga | 35 | USD/m |
| | Panjang railing dan tiang penyangga | 98 | m |
| | Harga Railing dan Tiang Penyangga | \$ 3,430.00 | USD |
| 2 | Atap Kapal | | |
| | <i>(Tebal pelat = 6 mm, jenis material = aluminium)</i> | | |
| | <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 5 Desember 2017)</i> | | |
| | Harga | 650 | USD/m ² |
| | Luas atap kapal | 2.70 | m ² |
| | Harga Pelat Atap Kapal | \$ 1,755.00 | USD |
| 3 | Kaca Polycarbonate | | |
| | <i>(Kaca Polycarbonate, t = 6 mm)</i> | | |
| | <i>Sumber: http://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-100-Virgin-Material-Honeycomb_60718631046.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.tyWXaj</i> | | |
| | Harga | 250 | USD/m ² |
| | Luas kaca | 19.472 | m ² |
| | Harga Kaca Polycarbonate | \$ 4,868.00 | USD |
| 4 | Kursi | | |
| | <i>Sumber: www.alibaba.com</i> | | |
| | Jumlah | 248 | unit |
| | Harga per unit | 120 | USD |
| | Harga Kursi | \$ 29,760.00 | USD |
| 5 | Meja | | |
| | Jumlah | 2 | unit |
| | Harga per unit | 500 | USD |
| | Harga meja | \$ 1,000.00 | USD |
| 6 | Peralatan Navigasi & Komunikasi (www.alibaba.com) | | |
| | a. Peralatan Navigasi | | |
| | Radar | 2,750 | USD |
| | Kompas | 55 | USD |
| | GPS | 850 | USD |
| | Lampu Navigasi | | |
| | -Masthead Light | 9.8 | USD |
| | -Anchor Light | 8.9 | USD |
| | -Starboard Light | 12 | USD |
| | -Portside Light | 12 | USD |
| | Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR) | 17,500 | USD |
| | Automatic Identification System (AIS) | 4,500 | USD |
| | Telescope Binocular | 60 | USD |
| | Harga Peralatan Navigasi | \$ 25,757.65 | USD |

| | | | |
|-----------|---|---------------------|------------|
| | b. Peralatan Komunikasi | | |
| | Radiotelephone | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 172 | USD |
| | Harga total | \$ 172.00 | USD |
| | Digital Selective Calling (DSC) | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 186 | USD |
| | Harga total | \$ 186.00 | USD |
| | Navigational Telex (Navtex) | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 12,500 | USD |
| | Harga total | \$ 12,500.00 | USD |
| | EPIRB | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 110 | USD |
| | Harga total | \$ 110.00 | USD |
| | SART | | |
| | Jumlah | 2 | Set |
| | Harga per set | 450 | USD |
| | Harga total | \$ 900.00 | USD |
| | SSAS | | |
| | Jumlah | 1 | Set |
| | Harga per set | 19,500 | USD |
| | Harga total | \$ 19,500.00 | USD |
| | Portable 2-Way VHF Radiotelephone | | |
| | Jumlah | 2 | Unit |
| | Harga per unit | 87 | USD |
| | Harga total | \$ 174.00 | USD |
| | Harga Peralatan Komunikasi | \$ 33,542.00 | USD |
| 7 | Lifebuoy (www.alibaba.com) | | |
| | Jumlah | 10 | Unit |
| | Harga per unit | 20 | USD |
| | Harga total | \$ 200.00 | USD |
| 8 | Liferaft (@65 orang) (www.alibaba.com) | | |
| | Jumlah | 4 | Unit |
| | Harga per unit | 2,000 | USD |
| | Harga total | \$ 8,000.00 | USD |
| 9 | Life Jacket (www.alibaba.com) | | |
| | Jumlah | 250 | Unit |
| | Harga per unit | 20 | USD |
| | Harga total | \$ 5,000.00 | USD |
| 10 | Jendela (www.alibaba.com) | | |
| | Jumlah jendela kotak | 54 | Unit |
| | Harga per unit | 250 | USD |
| | Jumlah side scuttle | 10 | Unit |
| | Harga per unit | 250 | USD |
| | Harga total | \$ 16,000.00 | USD |

| | | | |
|---|--|----------------------|------------|
| 11 | Pintu (<i>www.alibaba.com</i>) | | |
| | Jumlah | 8 | Unit |
| | Harga per unit | 300 | USD |
| | Pintu ruangan | 5 | Unit |
| | Harga per unit | 90 | USD |
| Harga total | | \$ 2,850.00 | USD |
| 12 | Foil dan Strut (Depan dan Belakang) | | |
| | Jumlah <i>foil</i> dan <i>strut</i> (belakang) | 4 | Unit |
| | Jumlah <i>foil</i> dan <i>strut</i> (depan) | 2 | Unit |
| | Harga per unit | 3,500 | USD |
| | Harga total | \$ 21,000.00 | USD |
| 13 | Windlass (<i>www.alibaba.com</i>) | | |
| | Jumlah | 1 | Unit |
| | Harga per unit | 10,500 | USD |
| | Harga total | \$ 10,500.00 | USD |
| 14 | Tali Tambat (<i>www.alibaba.com</i>) | | |
| | Jumlah | 2 | Unit |
| | Harga per unit | 1.6 | USD |
| | Harga total | \$ 3.20 | USD |
| Total Harga Equipment & Outfitting | | \$ 163,665.85 | USD |

| | No | Item | Value | Unit |
|------------------|------------------------------|--|--------------|----------|
| Tenaga Penggerak | 1 | Main Engine (<i>www.forecastinternational.com</i> dan <i>www.nyethermodynamics.com</i>) (2 Unit Main Engine - General Electric The 4.5 MW Engine LM 500) | | |
| | | Jumlah | 2 | unit |
| | | Harga per unit | 1750000 | USD/unit |
| | | Shipping Cost | 500 | USD |
| | | Harga Main Engine | \$ 3,500,500 | USD |
| | 2 | Komponen Kelistrikan dan Sistem Foil (<i>www.alibaba.com</i>) | | |
| | | Power Control Unit | 550 | USD |
| | | Automatic Change Over Switch (ACOS) | 400 | USD |
| | | Automatic Control System (ACS) [Foil System] | 1,850 | USD |
| | | Saklar, Kabel, dan lain - lain | 150 | USD |
| | | Harga Komponen Kelistrikan | \$ 2,950 | USD |
| | 3 | Generator (<i>www.marketweb.id.com</i>) (2 unit Generator Merk CAT 3512E) | | |
| | | Jumlah generator | 2 | unit |
| | | Harga per unit | 40000 | USD/unit |
| | | Shipping Cost | 500 | USD |
| | | Harga Generator | \$ 80,500 | USD |
| | 4 | Waterjet (<i>www.alibaba.com</i>) | | |
| | | Jumlah waterjet | 2 | Unit |
| | | Harga per unit | 85000 | USD |
| | | Shipping Cost | 500 | USD |
| | | Harga Waterjet | \$ 170,500 | USD |
| | Total Harga Tenaga Penggerak | | \$ 3,754,450 | USD |

| | Biaya Pembangunan | | | |
|-----------------|--|---------------------------------------|----------------------|--------|
| | No | Item | Value | Unit |
| | 1 | Aluminium Kapal dan Konstruksi | \$ 27,167 | USD |
| | 2 | Equipment & Outfitting | \$ 163,666 | USD |
| | 3 | Tenaga Penggerak | \$ 3,754,450 | USD |
| | Total Harga (USD) | | \$ 3,945,282 | USD |
| | Kurs Rupiah - US Dollar (per 5 Desember 2017 - BI) | | \$ 13,506 | Rp/USD |
| | Total Harga (Rupiah) | | Rp 53,284,984,572.69 | Rp |
| | | | | |
| | Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah | | | |
| | Sumber: Watson, Practical Ship Design, 1998 | | | |
| | No | Item | Value | Unit |
| Koreksi Ekonomi | 1 | Keuntungan Galangan Kapal | | |
| | | 10% dari biaya pembangunan awal | | |
| | | Keuntungan Galangan Kapal | Rp 5,328,498,457 | Rp |
| | 2 | Biaya Untuk Inflasi (Watson, 1998) | | |
| | | 5% dari biaya pembangunan awal | | |
| | | Biaya Inflasi | Rp 2,664,249,229 | Rp |
| | 3 | Biaya Pajak Pemerintah (Watson, 1998) | | |
| | | 10% PPn (Pajak Pertambahan Nilai) | | |
| | | 15% PPh (Pajak Penghasilan) | | |
| | | Biaya Pajak Pemerintah | Rp 13,321,246,143 | Rp |
| | Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi | | Rp 21,313,993,829 | Rp |

| No | Jenis Layanan | Besaran Tarif | | Keterangan |
|----|--|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Dalam Negeri (Rp) | Luar Negeri (US\$) | |
| A. | LAYANAN KEPELABUHANAN | | | |
| 1 | LAYANAN KAPAL | | | |
| | 1) Jasa Labuh Kapal | | | |
| | a) Kapal Niaga | Rp 87.00 | \$ 0.11 | Per GT/Kunjungan |
| | b) Kapal bukan Niaga | Rp 43.00 | \$ 0.11 | Per GT/Kunjungan |
| | 2) Jasa Tambat Kapal | | | |
| | a) Dermaga (beton, besi, kayu) | Rp 80.00 | \$ 0.10 | Per GT/Etmal |
| | b) Breasting dolphin dan pelampung | Rp 54.00 | \$ 0.08 | Per GT/Etmal |
| | c) Pinggiran | Rp 26.00 | \$ 0.04 | Per GT/Etmal |
| | 3) Jasa Pemanduan Kapal | | | |
| | a) Tarif Tetap | Rp 104,000.00 | \$ 106.00 | Per Kapal/Gerakan |
| | b) Tarif Variabel | Rp 29.00 | \$ 0.04 | Per GT Kapal/Gerakan |
| | 4) Jasa Penundaan Kapal | | | |
| | a) Kapal Angkutan Dalam Negeri di Perairan wajib Pandu | | | |
| | (a) Kapal ukuran s/d 3500 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 481,500.00 | \$ 227.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (b) Kapal ukuran 3501 s/d 8000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 750,000.00 | \$ 553.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (c) Kapal ukuran 8001 s/d 14000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 1,166,000.00 | \$ 841.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (d) Kapal ukuran 14001 s/d 18000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 1,577,500.00 | \$ 1,129.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |

| | | | | |
|--|--|-----------------|-------------|-------------------------------|
| | (e) Kapal ukuran 18001 s/d 26000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 2,333,000.00 | \$ 1,731.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (f) Kapal ukuran 26001 s/d 40000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 2,660,500.00 | \$ 1,840.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (g) Kapal ukuran 40001 s/d 75000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 3,018,500.00 | \$ 1,937.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | (h) Kapal ukuran diatas 75000 GT | | | |
| | - Tarif Tetap | Rp 3,616,500.00 | \$ 2,328.00 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | - Tarif Variabel | Rp 10.00 | \$ 0.01 | Per GT kapal yang ditunda/jam |
| | b) Kapal Angkutan Dalam/Luar Negeri di Luar Batas Perairan Wajib Pandu dan Perairan Pandu Luar Biasa | | | |
| | a. Dalam keadaan menggandeng/menunda | | | |
| | - Kapal Tunda ukuran s/d 800 PK | Rp 940,000.00 | \$ 188.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 801 s/d 1200 PK | Rp 1,350,000.00 | \$ 270.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 1201 s/d 2200 PK | Rp 1,940,000.00 | \$ 388.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 2201 s/d 3500 PK | Rp 2,530,000.00 | \$ 506.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 3501 s/d 5000 PK | Rp 3,340,000.00 | \$ 668.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | b. Dalam keadaan tidak menggandeng/menunda (kosong) | | | |
| | - Kapal Tunda ukuran s/d 800 PK | Rp 801,000.00 | \$ 162.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 801 s/d 1200 PK | Rp 1,210,000.00 | \$ 242.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 1201 s/d 2200 PK | Rp 1,470,000.00 | \$ 294.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 2201 s/d 3500 PK | Rp 2,250,000.00 | \$ 450.00 | Per Kapal tunda/jam |
| | - Kapal Tunda ukuran 3501 s/d 5000 PK | Rp 2,980,000.00 | \$ 596.00 | Per Kapal tunda/jam |

| Nama Pelabuhan | Tarif Pelayanan Kapal | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------|---------|
| | Labuh | | Tambat | | |
| | Rp/GT.Kunjungan | | Rp/GT.Etm | | |
| Pelabuhan Batam Center | Rp 87 | Rp 87 | Rp 80 | | |
| Pelabuhan Harbourfront | \$ 0.02 | Rp 0.02 | \$ 0.01 | | |
| | Rp 200.00 | Rp 200.00 | Rp 110.00 | | 1 SGD = |
| Nama Pelabuhan | Kinerja di Pelabuhan | | | | |
| | Berthing Time | | Turn Round Time | | |
| | (Jam) | (Hari) | (Jam) | (Hari) | |
| Pelabuhan Batam Center | 10 | 0.417 | 5 | 0.208 | |
| Pelabuhan Harbourfront | 10 | 0.417 | 5 | 0.208 | |

Operational Cost

Bank Mandiri

Cash Loan

Kredit Investasi

Kredit investasi adalah kredit jangka menengah/panjang yang diberikan kepada (calon) debitur untuk membiayai barang-barang modal dalam rangka rehabilitasi, modernisasi, perluasan ataupun pendirian proyek baru, misalnya untuk pembelian mesin-mesin, bangunan dan tanah untuk pabrik, yang pelunasannya dari hasil usaha dengan barang-barang modal yang dibiayai.

Ketentuan :

- Mempunyai Feasibility Study.
- Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP, dll.
- Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (Grace Period) maksimum 4 tahun.
- Agunan utama adalah usaha yang dibiayai. Debitur menyerahkan agunan tambahan jika menurut penilaian Bank diperlukan.
- Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%.

Bunga :

Suku bunga kredit 13,5 % *)

Pinjaman Bank

| Biaya | Nilai | Unit |
|---|----------------------|-----------|
| <i>Building Cost</i> | Rp 53,284,984,572.69 | Rp |
| Pinjaman dari Bank | 65% | |
| Pinjaman | Rp 34,635,239,972.25 | Rp |
| Bunga Bank | 13.5% | Per tahun |
| Nilai Bunga Bank | 4,675,757,396.3 | Per tahun |
| Masa Pinjaman | 5 | Tahun |
| Pembayaran Cicilan Pinjaman | 1 | Per Tahun |
| Nilai Cicilan Pinjaman | Rp 11,602,805,390.70 | Rp |
| | 64,887,789,963.39 | |
| Biaya Perawatan | Nilai | Unit |
| Diasumsikan 10% total dari <i>Building Cost</i> | | |
| Total Maintenance Cost | Rp 5,328,498,457 | per tahun |
| Asuransi | Nilai | Unit |
| Diasumsikan 2% dari total <i>Building Cost</i> (Watson, 1998) | | |
| Biaya asuransi | Rp 1,065,699,691 | per tahun |
| Gaji Crew | Nilai | Unit |
| Jumlah crew kapal | 10 | orang |
| Gaji crew kapal per bulan | Rp 3,500,000 | per orang |
| Gaji crew kapal per tahun | Rp 42,000,000 | per orang |
| Total Gaji Crew | Rp 420,000,000 | |
| Bahan Bakar Fuel Oil | Nilai | Unit |
| Asumsi Operasional <i>Fuel Oil</i> | 10 | jam/hari |
| Kebutuhan Bahan Bakar | 623 | liter/jam |
| Harga bahan bakar | Rp 6,500 | per liter |
| Harga bahan bakar | Rp 40,495,000.00 | per hari |
| Harga bahan bakar | Rp 1,214,850,000 | per bulan |
| Harga bahan bakar | Rp 14,578,200,000.00 | per tahun |

| Bahan Bakar Diesel Oil | Nilai | Unit |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Asumsi Operasional <i>Diesel Oil</i> | 10 | jam/hari |
| Kebutuhan Bahan Bakar | 90.75 | liter/jam |
| Harga bahan bakar | Rp 5,150 | per liter |
| Harga bahan bakar | Rp 4,673,625.00 | per hari |
| Harga bahan bakar | Rp 140,208,750 | per bulan |
| Harga bahan bakar | Rp 1,682,505,000 | per tahun |
| | | |
| Air Bersih (Fresh Water) | Nilai | Unit |
| Harga air bersih | Rp 560,000 | per 8000 liter (8 ton) |
| Harga air bersih per 32 ton | Rp 2,240,000 | per trip |
| | Rp 67,200,000 | per bulan |
| Total | Rp 806,400,000 | per tahun |
| | | |
| Port Charges | Nilai | Unit |
| GT kapal | 218 | GT |
| Pelabuhan Batam Center | Nilai | Unit |
| 1. Biaya labuh | Rp 3,960 | /call |
| 2. Biaya tambat | Rp 7,283 | /call |
| Total Biaya | Rp 11,243 | /call |
| Pelabuhan Harbourfront | Nilai | Unit |
| 1. Biaya labuh | Rp 9,103.35 | /call |
| 2. Biaya tambat | Rp 5,007 | /call |
| Total Biaya | Rp 14,110 | /call |
| Total (Batam - Singapore) | Rp 25,353 | /RTD |
| | Rp 92,537,819 | /tahun |
| 1 SGD = | Rp 10,073.59 | Per 12 Desember 2017 |
| | | |
| OPERATIONAL COST | | |
| Biaya | Nilai | Waktu |
| Cicilan Pinjaman Bank | Rp 11,602,805,391 | per tahun |
| <i>Maintenance Cost</i> | Rp 5,328,498,457 | per tahun |
| <i>Insurance Cost</i> | Rp 1,065,699,691 | per tahun |
| Gaji crew | Rp 420,000,000 | per tahun |
| Bahan Bakar <i>Fuel Oil</i> | Rp 14,578,200,000.00 | per tahun |
| Bahan Bakar <i>Diesel Oil</i> | Rp 1,682,505,000 | per tahun |
| Air Bersih (Fresh Water) | Rp 806,400,000 | per tahun |
| Port Charges | Rp 92,537,819 | per tahun |
| TOTAL | Rp 35,576,646,358 | per tahun |

- *Payback Period*

| Klasifikasi Tiket | Versi 1 | Versi 2 | Versi 3 | Versi 4 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Tiket VIP (Dewasa) - <i>Weekdays</i> | Rp 300,000 | Rp 275,000 | Rp 250,000 | Rp 225,000 |
| Tiket VIP (Dewasa) - <i>Weekend</i> | Rp 350,000 | Rp 325,000 | Rp 300,000 | Rp 275,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - <i>Weekdays</i> | Rp 200,000 | Rp 175,000 | Rp 150,000 | Rp 125,000 |
| Tiket VIP (Anak-anak) - <i>Weekend</i> | Rp 250,000 | Rp 225,000 | Rp 200,000 | Rp 175,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - <i>Weekdays</i> | Rp 200,000 | Rp 175,000 | Rp 150,000 | Rp 125,000 |
| Tiket Economy (Dewasa) - <i>Weekend</i> | Rp 250,000 | Rp 225,000 | Rp 200,000 | Rp 175,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - <i>Weekdays</i> | Rp 100,000 | Rp 75,000 | Rp 50,000 | Rp 25,000 |
| Tiket Economy (Anak-anak) - <i>Weekend</i> | Rp 150,000 | Rp 125,000 | Rp 100,000 | Rp 75,000 |

| Versi 1 | | | | |
|--|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 29,026,279,617 | Rp 29,026,279,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 32,542,815,413 | Rp 61,569,095,031 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 36,550,379,993 | Rp 98,119,475,024 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 41,112,815,774 | Rp139,232,290,798 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 46,302,118,158 | Rp185,534,408,957 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 52,199,463,081 | Rp237,733,872,038 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 58,896,362,787 | Rp296,630,234,824 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 66,495,965,700 | Rp363,126,200,524 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 75,279,975,495 | Rp438,406,176,019 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 85,213,923,117 | Rp523,620,099,136 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 96,445,386,770 | Rp620,065,485,906 |
| PAYBACK PERIOD | | 3.111 | | |
| | | 3 TAHUN 2 BULAN | | |

| Versi 1 | | | | |
|---------------------------------------|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 24,822,919,617 | Rp 24,822,919,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 27,835,052,213 | Rp 52,657,971,831 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 31,277,685,209 | Rp 83,935,657,040 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 35,207,397,616 | Rp119,143,054,656 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 39,688,049,821 | Rp158,831,104,477 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 44,791,706,544 | Rp203,622,811,021 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 50,599,675,465 | Rp254,222,486,486 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 57,203,675,899 | Rp311,426,162,385 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 64,872,610,918 | Rp376,298,773,303 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 73,557,674,791 | Rp449,856,448,094 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 83,390,388,645 | Rp533,246,836,739 |
| PAYBACK PERIOD | | 3.415 | | |
| | | 3 TAHUN 5 BULAN | | |

| Versi 1 | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 8,144,794,617 | Rp 8,144,794,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 9,155,552,213 | Rp 17,300,346,831 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 10,356,645,209 | Rp 27,656,992,040 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 11,775,832,816 | Rp 39,432,824,856 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 13,444,697,245 | Rp 52,877,522,101 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 15,399,151,659 | Rp 68,276,673,760 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 17,680,013,993 | Rp 85,956,687,753 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 20,333,655,051 | Rp106,290,342,805 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 23,578,187,568 | Rp129,868,530,373 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 27,307,920,639 | Rp157,176,451,012 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 31,590,663,996 | Rp188,767,115,008 |
| PAYBACK PERIOD | | 6.828 | | |
| | | 6 TAHUN 11 BULAN | | |

| Versi 2 | | | | |
|--|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 24,059,967,117 | Rp 24,059,967,117 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 26,980,545,413 | Rp 51,040,512,531 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 30,320,637,593 | Rp 81,361,150,124 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 34,135,504,286 | Rp115,496,654,410 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 38,487,529,292 | Rp153,984,183,702 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 43,447,123,551 | Rp197,431,307,253 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 49,093,742,512 | Rp246,525,049,765 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 55,517,030,993 | Rp302,042,080,758 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 62,983,568,623 | Rp365,025,649,381 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 71,441,947,420 | Rp436,467,596,801 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 81,020,773,990 | Rp517,488,370,791 |
| PAYBACK PERIOD | | 3.481 | | |
| | | 3 TAHUN 6 BULAN | | |

| Versi 2 | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 20,143,032,117 | Rp 20,143,032,117 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 22,593,578,213 | Rp 42,736,610,331 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 25,407,234,329 | Rp 68,143,844,660 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 28,632,492,631 | Rp 96,776,337,291 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 32,324,156,237 | Rp129,100,493,528 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 36,544,145,730 | Rp165,644,639,258 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 41,362,407,353 | Rp207,007,046,611 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 46,857,935,614 | Rp253,864,982,225 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 53,285,381,799 | Rp307,150,364,024 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 60,579,978,177 | Rp367,730,342,201 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 68,855,368,438 | Rp436,585,710,640 |
| PAYBACK PERIOD | | 3.901 | | |
| | | 3 TAHUN 12 BULAN | | |

| Versi 2 | | | | |
|---------------------------------------|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 5,152,407,117 | Rp 5,152,407,117 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 5,804,078,213 | Rp 10,956,485,331 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 6,602,994,329 | Rp 17,559,479,660 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 7,571,743,831 | Rp 25,131,223,491 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 8,736,117,581 | Rp 33,867,341,072 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 10,125,542,435 | Rp 43,992,883,507 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 11,773,571,663 | Rp 55,766,455,170 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 13,718,439,641 | Rp 69,484,894,811 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 16,169,146,309 | Rp 85,654,041,121 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 19,009,794,429 | Rp104,663,835,550 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 22,296,762,640 | Rp126,960,598,190 |
| PAYBACK PERIOD | | 8.719 | | |
| | | 8 TAHUN 9 BULAN | | |

| Versi 3 | | | | |
|--|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 19,093,654,617 | Rp 19,093,654,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 21,418,275,413 | Rp 40,511,930,031 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 24,090,895,193 | Rp 64,602,825,224 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 27,158,192,798 | Rp 91,761,018,022 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 30,672,940,425 | Rp122,433,958,447 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 34,694,784,020 | Rp157,128,742,468 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 39,291,122,238 | Rp196,419,864,706 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 44,538,096,286 | Rp240,957,960,992 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 50,687,161,751 | Rp291,645,122,742 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 57,669,971,724 | Rp349,315,094,466 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 65,596,161,210 | Rp414,911,255,676 |
| PAYBACK PERIOD | | 4.043 | | |
| | | 4 TAHUN 1 BULAN | | |

| Versi 3 | | | | |
|---------------------------------------|-------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 15,463,144,617 | Rp 15,463,144,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 17,352,104,213 | Rp 32,815,248,831 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 19,536,783,449 | Rp 52,352,032,280 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 22,057,587,645 | Rp 74,409,619,925 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 24,960,262,653 | Rp 99,369,882,579 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 28,296,584,916 | Rp127,666,467,494 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 32,125,139,241 | Rp159,791,606,736 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 36,512,195,329 | Rp196,303,802,065 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 41,698,152,680 | Rp238,001,954,745 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 47,602,281,564 | Rp285,604,236,309 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 54,320,348,231 | Rp339,924,584,540 |
| PAYBACK PERIOD | | 4.680 | | |
| | | 4 TAHUN 7 BULAN | | |

| Versi 3 | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 2,160,019,617 | Rp 2,160,019,617 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 2,452,604,213 | Rp 4,612,623,831 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 2,849,343,449 | Rp 7,461,967,280 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 3,367,654,845 | Rp 10,829,622,125 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 4,027,537,917 | Rp 14,857,160,043 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 4,851,933,212 | Rp 19,709,093,254 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 5,867,129,333 | Rp 25,576,222,587 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 7,103,224,231 | Rp 32,679,446,818 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 8,760,105,050 | Rp 41,439,551,868 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 10,711,668,219 | Rp 52,151,220,087 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 13,002,861,284 | Rp 65,154,081,371 |
| PAYBACK PERIOD | | 12.037 | | |
| | | 12 TAHUN 1 BULAN | | |

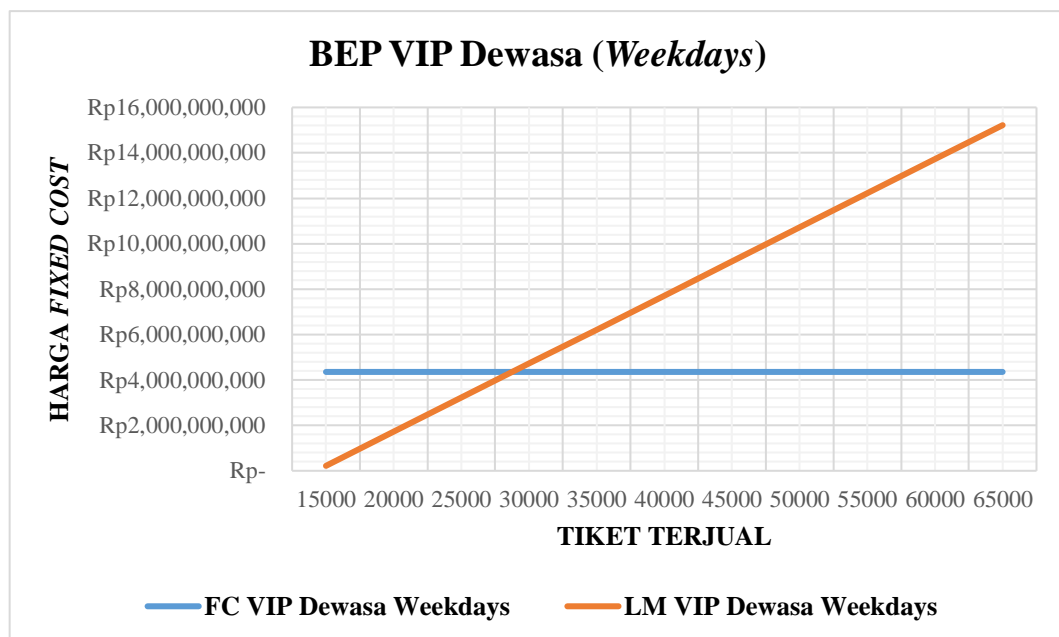
| Versi 4 | | | | |
|--|-------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 14,127,342,117 | Rp 14,127,342,117 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 15,856,005,413 | Rp 29,983,347,531 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 17,861,152,793 | Rp 47,844,500,324 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 20,180,881,310 | Rp 68,025,381,634 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 22,858,351,559 | Rp 90,883,733,193 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 25,942,444,490 | Rp 116,826,177,683 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 29,488,501,964 | Rp 146,314,679,647 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 33,559,161,579 | Rp 179,873,841,225 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 38,390,754,879 | Rp 218,264,596,104 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 43,897,996,027 | Rp 262,162,592,131 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 50,171,548,430 | Rp 312,334,140,561 |
| PAYBACK PERIOD | | 4.996 | | |
| | | 4 TAHUN 12 BULAN | | |

| Versi 4 | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | Rp 10,783,257,117 | Rp 10,783,257,117 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | Rp 12,110,630,213 | Rp 22,893,887,331 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | Rp 13,666,332,569 | Rp 36,560,219,900 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | Rp 15,482,682,659 | Rp 52,042,902,559 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | Rp 17,596,369,070 | Rp 69,639,271,629 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 20,049,024,102 | Rp 89,688,295,731 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 22,887,871,130 | Rp112,576,166,861 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 26,166,455,044 | Rp138,742,621,905 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 30,110,923,560 | Rp168,853,545,466 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 34,624,584,950 | Rp203,478,130,416 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 39,785,328,024 | Rp243,263,458,440 |
| PAYBACK PERIOD | | 6.127 | | |
| | | 6 TAHUN 1 BULAN | | |

| Versi 4 | | | | |
|---------------------------------------|-------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | | |
| Periode | Tahun | Modal Awal | Arus Kas | Kumulatif Arus Kas |
| 0 | 2018 | Rp 65,632,318,991 | | Rp - |
| 1 | 2019 | Rp 65,632,318,991 | -Rp 474,201,633 | -Rp 474,201,633 |
| 2 | 2020 | Rp 65,632,318,991 | -Rp 497,723,587 | -Rp 971,925,219 |
| 3 | 2021 | Rp 65,632,318,991 | -Rp 455,023,687 | -Rp 1,426,948,906 |
| 4 | 2022 | Rp 65,632,318,991 | -Rp 333,236,347 | -Rp 1,760,185,253 |
| 5 | 2023 | Rp 65,632,318,991 | -Rp 117,460,218 | -Rp 1,877,645,471 |
| 6 | 2024 | Rp 65,632,318,991 | Rp 209,535,300 | -Rp 1,668,110,171 |
| 7 | 2025 | Rp 65,632,318,991 | Rp 667,643,671 | -Rp 1,000,466,500 |
| 8 | 2026 | Rp 65,632,318,991 | Rp 1,279,800,291 | Rp 279,333,791 |
| 9 | 2027 | Rp 65,632,318,991 | Rp 2,237,870,237 | Rp 2,517,204,028 |
| 10 | 2028 | Rp 65,632,318,991 | Rp 3,406,765,228 | Rp 5,923,969,256 |
| 11 | 2029 | Rp 65,632,318,991 | Rp 4,821,369,935 | Rp 10,745,339,191 |
| PAYBACK PERIOD | | 23.384 | | |
| | | LEBIH DARI 15 TAHUN (>15 TAHUN) | | |

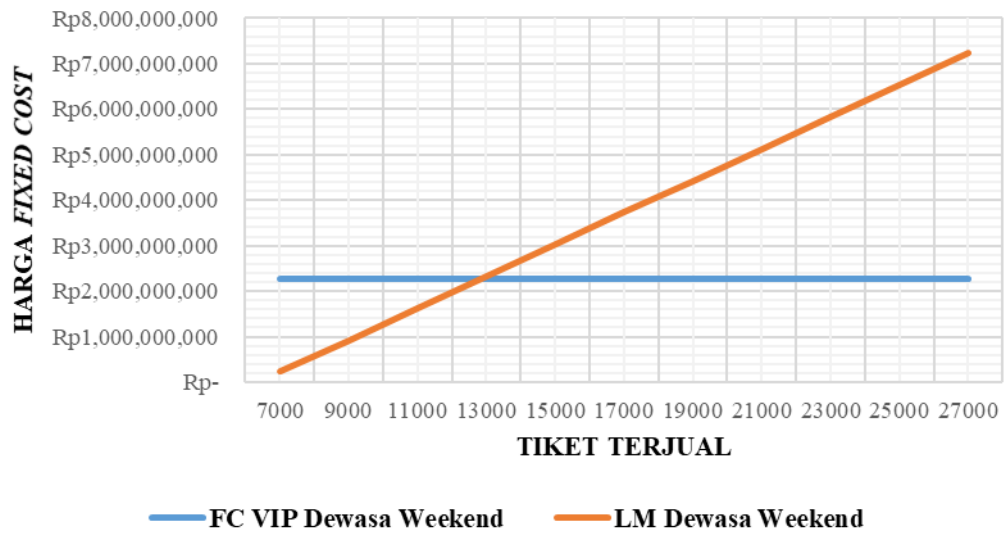
- *Break-even Point*

| VIP Dewasa Weekdays | | | | |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Tiket Terjual | FC VIP Dewasa Weekdays | | LM VIP Dewasa Weekdays | |
| 15000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 218,014,350 |
| 20000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 1,718,014,350 |
| 25000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 3,218,014,350 |
| 30000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 4,718,014,350 |
| 35000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 6,218,014,350 |
| 40000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 7,718,014,350 |
| 45000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 9,218,014,350 |
| 50000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 10,718,014,350 |
| 55000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 12,218,014,350 |
| 60000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 13,718,014,350 |
| 65000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp | 15,218,014,350 |



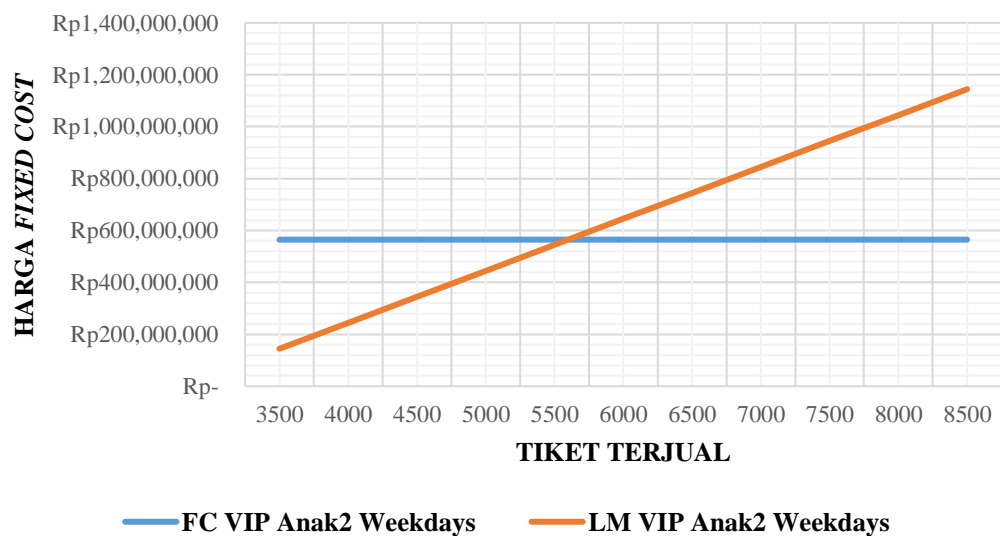
| VIP Dewasa Weekend | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Tiket Terjual | FC VIP Dewasa Weekend | | LM Dewasa Weekend | |
| 7000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 227,703,650 |
| 9000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 927,703,650 |
| 11000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 1,627,703,650 |
| 13000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 2,327,703,650 |
| 15000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 3,027,703,650 |
| 17000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 3,727,703,650 |
| 19000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 4,427,703,650 |
| 21000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 5,127,703,650 |
| 23000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 5,827,703,650 |
| 25000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 6,527,703,650 |
| 27000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 7,227,703,650 |

BEP VIP Dewasa (Weekend)

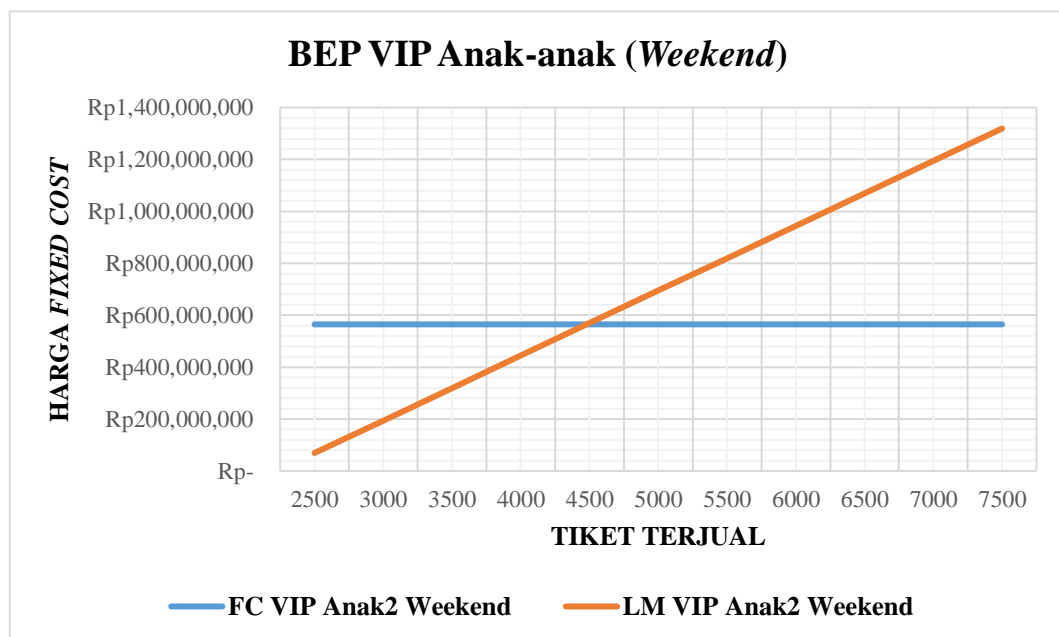


| VIP Anak-anak Weekdays | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|---------------|
| Tiket Terjual | FC VIP Anak2 Weekdays | | LM VIP Anak2 Weekdays | |
| 3500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 144,425,913 |
| 4000 | Rp | 564,856,125 | Rp | 244,425,913 |
| 4500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 344,425,913 |
| 5000 | Rp | 564,856,125 | Rp | 444,425,913 |
| 5500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 544,425,913 |
| 6000 | Rp | 564,856,125 | Rp | 644,425,913 |
| 6500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 744,425,913 |
| 7000 | Rp | 564,856,125 | Rp | 844,425,913 |
| 7500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 944,425,913 |
| 8000 | Rp | 564,856,125 | Rp | 1,044,425,913 |
| 8500 | Rp | 564,856,125 | Rp | 1,144,425,913 |

BEP VIP Anak-anak (Weekdays)

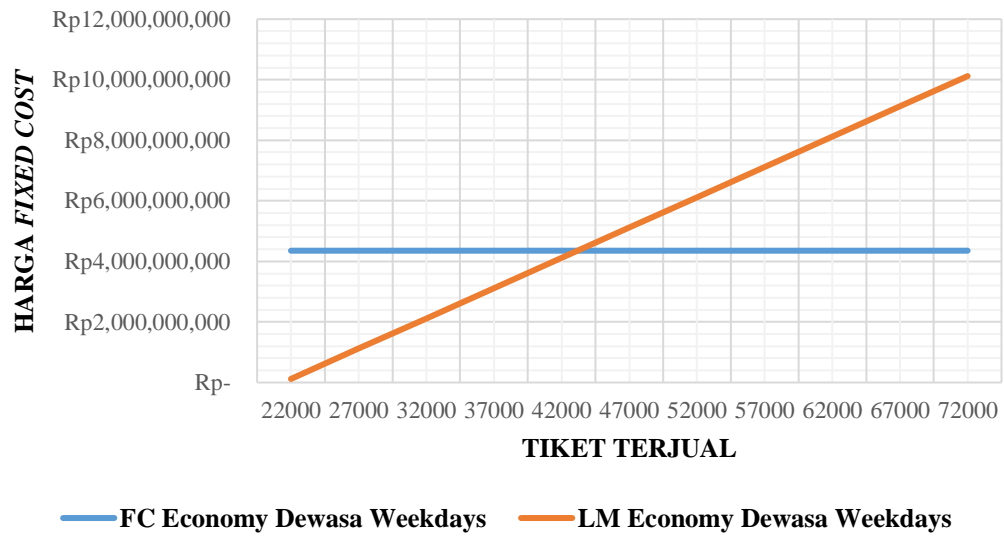


| VIP Anak-anak <i>Weekend</i> | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| Tiket Terjual | FC VIP Anak2 <i>Weekend</i> | | LM VIP Anak2 <i>Weekend</i> |
| 2500 | Rp | 564,856,125 | Rp 69,425,912 |
| 3000 | Rp | 564,856,125 | Rp 194,425,913 |
| 3500 | Rp | 564,856,125 | Rp 319,425,913 |
| 4000 | Rp | 564,856,125 | Rp 444,425,913 |
| 4500 | Rp | 564,856,125 | Rp 569,425,913 |
| 5000 | Rp | 564,856,125 | Rp 694,425,913 |
| 5500 | Rp | 564,856,125 | Rp 819,425,913 |
| 6000 | Rp | 564,856,125 | Rp 944,425,913 |
| 6500 | Rp | 564,856,125 | Rp 1,069,425,913 |
| 7000 | Rp | 564,856,125 | Rp 1,194,425,913 |
| 7500 | Rp | 564,856,125 | Rp 1,319,425,913 |



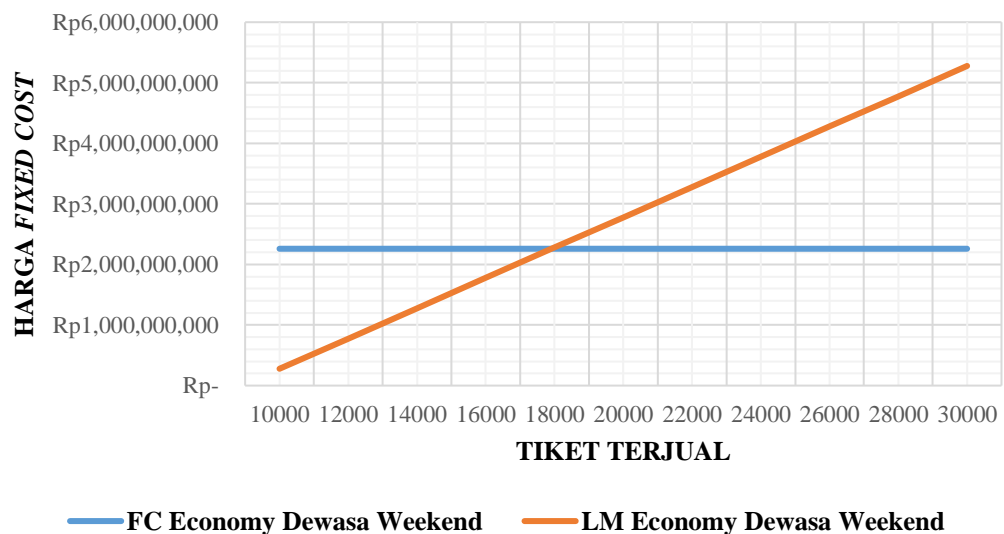
| Economy Dewasa <i>Weekdays</i> | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Tiket Terjual | FC Economy Dewasa <i>Weekdays</i> | | LM Economy Dewasa <i>Weekdays</i> |
| 22000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 118,014,350 |
| 27000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 1,118,014,350 |
| 32000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 2,118,014,350 |
| 37000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 3,118,014,350 |
| 42000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 4,118,014,350 |
| 47000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 5,118,014,350 |
| 52000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 6,118,014,350 |
| 57000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 7,118,014,350 |
| 62000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 8,118,014,350 |
| 67000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 9,118,014,350 |
| 72000 | Rp | 4,353,525,253 | Rp 10,118,014,350 |

BEP *Economy Dewasa (Weekdays)*

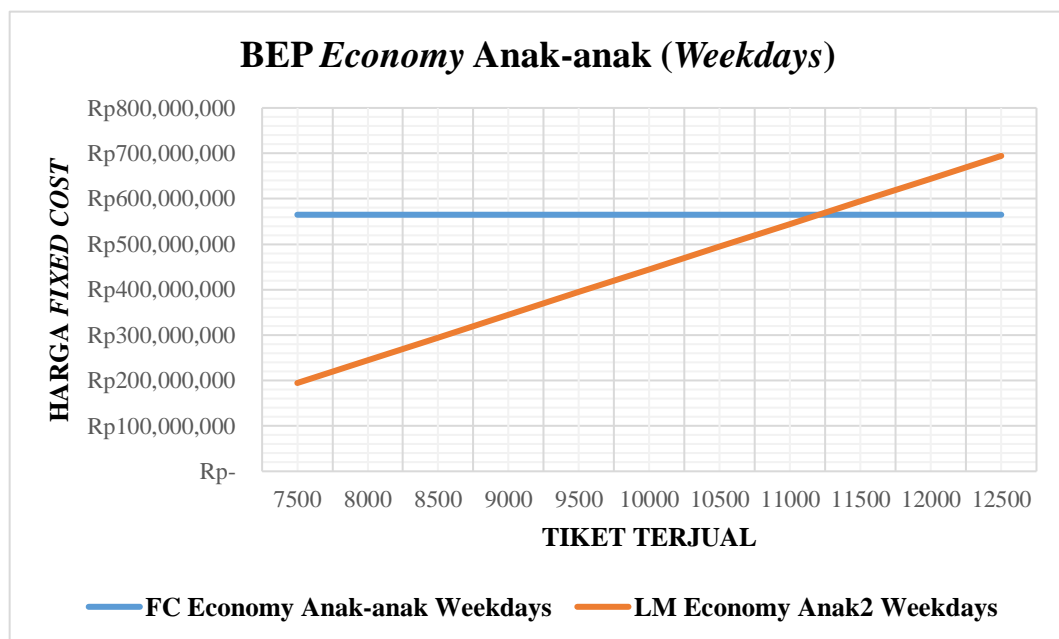


| Economy Dewasa Weekend | | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Tiket Terjual | FC Economy Dewasa Weekend | | LM Economy Dewasa Weekend | |
| 10000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 277,703,650 |
| 12000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 777,703,650 |
| 14000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 1,277,703,650 |
| 16000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 1,777,703,650 |
| 18000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 2,277,703,650 |
| 20000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 2,777,703,650 |
| 22000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 3,277,703,650 |
| 24000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 3,777,703,650 |
| 26000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 4,277,703,650 |
| 28000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 4,777,703,650 |
| 30000 | Rp | 2,259,424,498 | Rp | 5,277,703,650 |

BEP *Economy Dewasa (Weekend)*

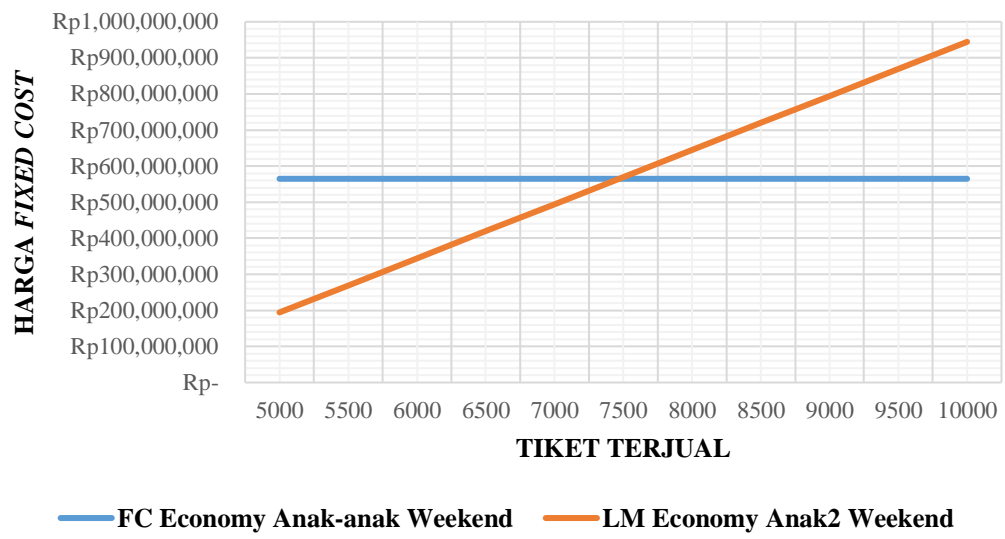


| Economy Anak-anak Weekdays | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|
| Tiket Terjual | FC Economy Anak-anak Weekdays | | LM Economy Anak2 Weekdays |
| 7500 | Rp | 564,856,125 | Rp 194,425,913 |
| 8000 | Rp | 564,856,125 | Rp 244,425,913 |
| 8500 | Rp | 564,856,125 | Rp 294,425,913 |
| 9000 | Rp | 564,856,125 | Rp 344,425,913 |
| 9500 | Rp | 564,856,125 | Rp 394,425,913 |
| 10000 | Rp | 564,856,125 | Rp 444,425,913 |
| 10500 | Rp | 564,856,125 | Rp 494,425,913 |
| 11000 | Rp | 564,856,125 | Rp 544,425,913 |
| 11500 | Rp | 564,856,125 | Rp 594,425,913 |
| 12000 | Rp | 564,856,125 | Rp 644,425,913 |
| 12500 | Rp | 564,856,125 | Rp 694,425,913 |



| Economy Anak-anak Weekend | | | |
|---------------------------|------------------------------|-------------|--------------------------|
| Tiket Terjual | FC Economy Anak-anak Weekend | | LM Economy Anak2 Weekend |
| 5000 | Rp | 564,856,125 | Rp 194,425,913 |
| 5500 | Rp | 564,856,125 | Rp 269,425,913 |
| 6000 | Rp | 564,856,125 | Rp 344,425,913 |
| 6500 | Rp | 564,856,125 | Rp 419,425,913 |
| 7000 | Rp | 564,856,125 | Rp 494,425,913 |
| 7500 | Rp | 564,856,125 | Rp 569,425,913 |
| 8000 | Rp | 564,856,125 | Rp 644,425,913 |
| 8500 | Rp | 564,856,125 | Rp 719,425,913 |
| 9000 | Rp | 564,856,125 | Rp 794,425,913 |
| 9500 | Rp | 564,856,125 | Rp 869,425,913 |
| 10000 | Rp | 564,856,125 | Rp 944,425,913 |

BEP Economy Anak-anak (Weekend)



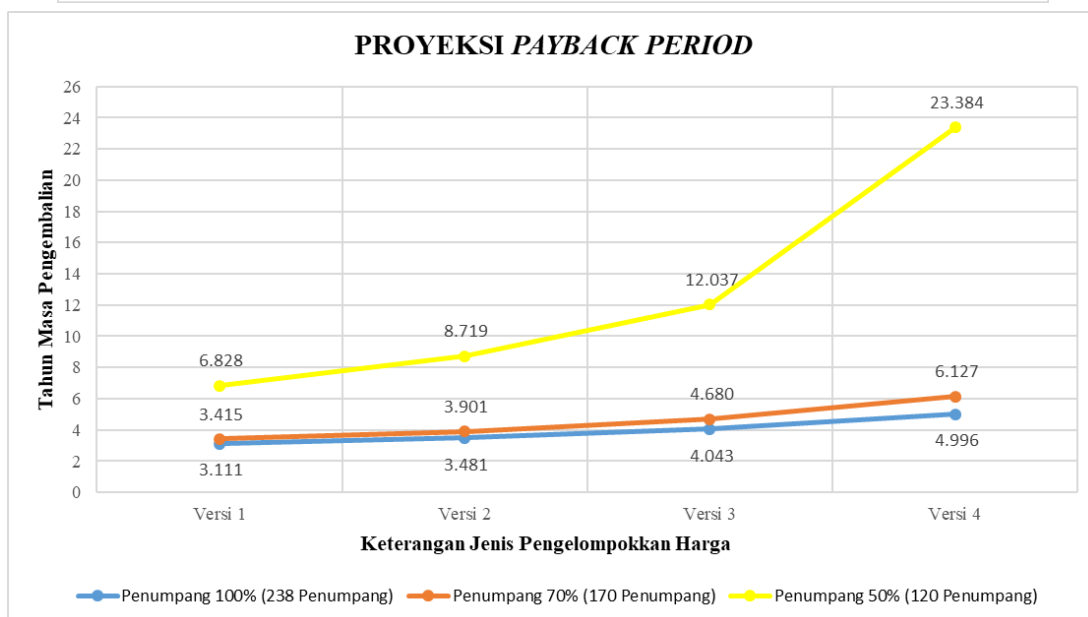
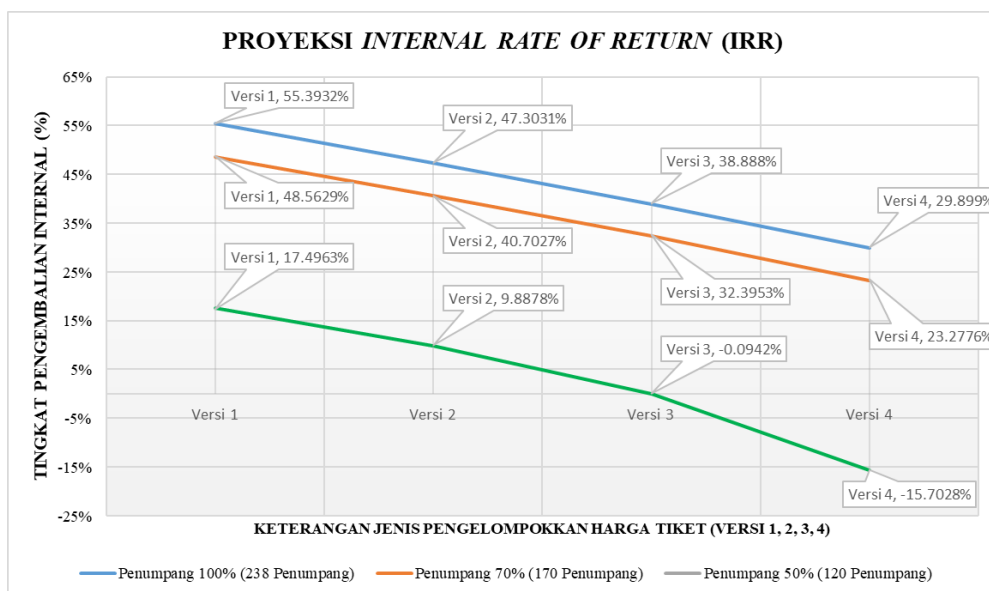
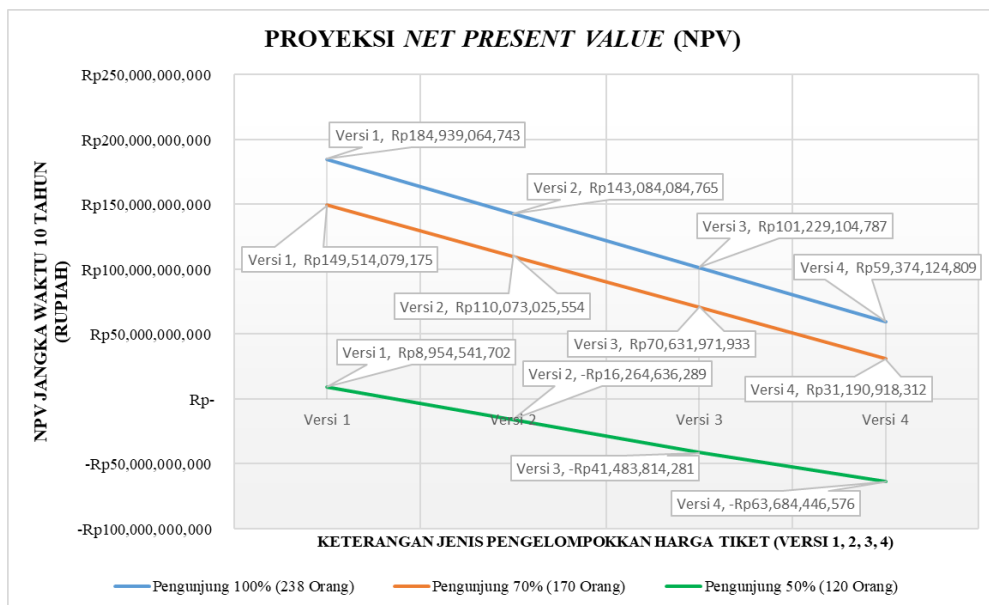
- Perhitungan NPV dan IRR

| Versi 1 | | | | Versi 1 | | | | Versi 1 | | | |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | |
| Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | |
| | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value |
| 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 |
| 2019 | Rp 29,026,279,617 | 0.869879742 | Rp 25,249,372,621 | 2019 | Rp 24,822,919,617 | 0.869879742 | Rp 21,592,954,910 | 2019 | Rp 8,144,794,617 | 0.869879742 | Rp 7,084,991,840 |
| 2020 | Rp 32,542,815,413 | 0.756690765 | Rp 24,624,847,901 | 2020 | Rp 27,835,052,213 | 0.756690765 | Rp 21,062,526,962 | 2020 | Rp 9,155,552,213 | 0.756690765 | Rp 6,927,921,811 |
| 2021 | Rp 36,550,379,993 | 0.658229968 | Rp 24,058,555,440 | 2021 | Rp 31,277,685,209 | 0.658229968 | Rp 20,587,909,723 | 2021 | Rp 10,356,645,209 | 0.658229968 | Rp 6,817,054,241 |
| 2022 | Rp 41,112,815,774 | 0.572580914 | Rp 23,540,413,647 | 2022 | Rp 35,207,397,616 | 0.572580914 | Rp 20,159,083,919 | 2022 | Rp 11,775,832,816 | 0.572580914 | Rp 6,742,617,121 |
| 2023 | Rp 46,302,118,158 | 0.498076538 | Rp 23,061,998,713 | 2023 | Rp 39,688,049,821 | 0.498076538 | Rp 19,767,686,454 | 2023 | Rp 13,444,697,245 | 0.498076538 | Rp 6,696,488,258 |
| 2024 | Rp 52,199,463,081 | 0.433266690 | Rp 22,616,288,604 | 2024 | Rp 44,791,706,544 | 0.433266690 | Rp 19,406,754,447 | 2024 | Rp 15,399,151,659 | 0.433266690 | Rp 6,671,939,472 |
| 2025 | Rp 58,896,362,787 | 0.376889917 | Rp 22,197,445,265 | 2025 | Rp 50,599,675,465 | 0.376889917 | Rp 19,070,507,472 | 2025 | Rp 17,680,013,993 | 0.376889917 | Rp 6,663,419,001 |
| 2026 | Rp 66,495,965,700 | 0.327848903 | Rp 21,800,629,440 | 2026 | Rp 57,203,675,899 | 0.327848903 | Rp 18,754,162,418 | 2026 | Rp 20,333,655,051 | 0.327848903 | Rp 6,666,366,512 |
| 2027 | Rp 75,279,975,495 | 0.285189120 | Rp 21,469,029,929 | 2027 | Rp 64,872,610,918 | 0.285189120 | Rp 18,500,962,789 | 2027 | Rp 23,578,187,568 | 0.285189120 | Rp 6,724,242,553 |
| 2028 | Rp 85,213,923,117 | 0.248080238 | Rp 21,139,890,300 | 2028 | Rp 73,557,674,791 | 0.248080238 | Rp 18,248,205,445 | 2028 | Rp 27,307,920,639 | 0.248080238 | Rp 6,774,555,443 |
| 2029 | Rp 96,445,386,770 | 0.215799973 | Rp 20,812,911,872 | 2029 | Rp 83,390,388,645 | 0.215799973 | Rp 17,995,643,628 | 2029 | Rp 31,590,663,996 | 0.215799973 | Rp 6,817,264,441 |
| NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp184,939,064,743 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp149,514,079,175 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp 8,954,541,702 |
| INTEREST RATE RETURN | | | 55.3932% | INTEREST RATE RETURN | | | 48.5629% | INTEREST RATE RETURN | | | 17.4963% |

| Versi 2 | | | | Versi 2 | | | | Versi 2 | | | |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | |
| Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | |
| | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value |
| 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 |
| 2019 | Rp 24,059,967,117 | 0.869879742 | Rp 20,929,277,986 | 2019 | Rp 20,143,032,117 | 0.869879742 | Rp 17,522,015,579 | 2019 | Rp 5,152,407,117 | 0.869879742 | Rp 4,481,974,573 |
| 2020 | Rp 26,980,545,413 | 0.756690765 | Rp 20,415,929,558 | 2020 | Rp 22,593,578,213 | 0.756690765 | Rp 17,096,351,990 | 2020 | Rp 5,804,078,213 | 0.756690765 | Rp 4,391,892,385 |
| 2021 | Rp 30,320,637,593 | 0.658229968 | Rp 19,957,952,302 | 2021 | Rp 25,407,234,329 | 0.658229968 | Rp 16,723,803,030 | 2021 | Rp 6,602,994,329 | 0.658229968 | Rp 4,346,288,744 |
| 2022 | Rp 34,135,504,286 | 0.572580914 | Rp 19,545,338,256 | 2022 | Rp 28,632,492,631 | 0.572580914 | Rp 16,394,418,810 | 2022 | Rp 7,571,743,831 | 0.572580914 | Rp 4,335,436,006 |
| 2023 | Rp 38,487,529,292 | 0.498076538 | Rp 19,169,735,345 | 2023 | Rp 32,324,156,237 | 0.498076538 | Rp 16,099,903,832 | 2023 | Rp 8,736,117,581 | 0.498076538 | Rp 4,351,255,200 |
| 2024 | Rp 43,447,123,551 | 0.433266690 | Rp 18,824,191,423 | 2024 | Rp 36,544,145,730 | 0.433266690 | Rp 15,833,361,070 | 2024 | Rp 10,125,542,435 | 0.433266690 | Rp 4,387,060,258 |
| 2025 | Rp 49,093,742,512 | 0.376889917 | Rp 18,502,936,527 | 2025 | Rp 41,362,407,353 | 0.376889917 | Rp 15,589,074,262 | 2025 | Rp 11,773,571,663 | 0.376889917 | Rp 4,437,340,443 |
| 2026 | Rp 55,517,030,993 | 0.327848903 | Rp 18,201,197,735 | 2026 | Rp 46,857,935,614 | 0.327848903 | Rp 15,362,322,810 | 2026 | Rp 13,718,439,641 | 0.327848903 | Rp 4,497,575,394 |
| 2027 | Rp 62,983,568,623 | 0.285189120 | Rp 17,962,228,480 | 2027 | Rp 53,285,381,799 | 0.285189120 | Rp 15,196,411,119 | 2027 | Rp 16,169,146,309 | 0.285189120 | Rp 4,611,264,599 |
| 2028 | Rp 71,441,947,420 | 0.248080238 | Rp 17,723,335,296 | 2028 | Rp 60,579,978,177 | 0.248080238 | Rp 15,028,695,385 | 2028 | Rp 19,009,794,429 | 0.248080238 | Rp 4,715,954,320 |
| 2029 | Rp 81,020,773,990 | 0.215799973 | Rp 17,484,280,849 | 2029 | Rp 68,855,368,438 | 0.215799973 | Rp 14,858,986,658 | 2029 | Rp 22,296,762,640 | 0.215799973 | Rp 4,811,640,778 |
| NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp143,084,084,765 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp110,073,025,554 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | -Rp 16,264,636,289 |
| INTEREST RATE RETURN | | | 47.3031% | INTEREST RATE RETURN | | | 40.7027% | INTEREST RATE RETURN | | | 9.8878% |

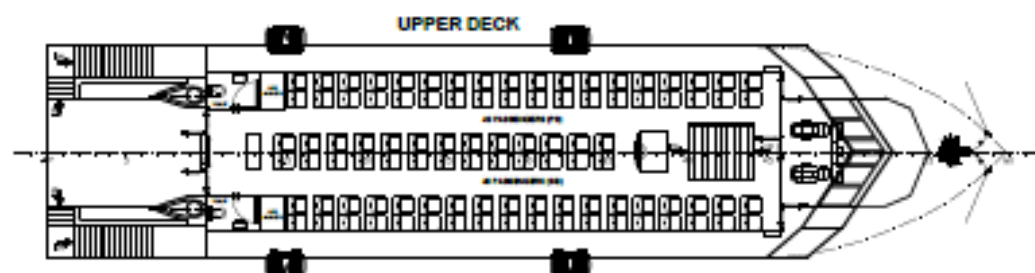
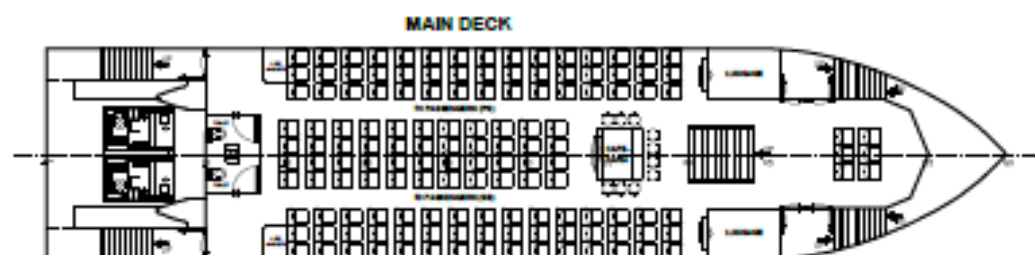
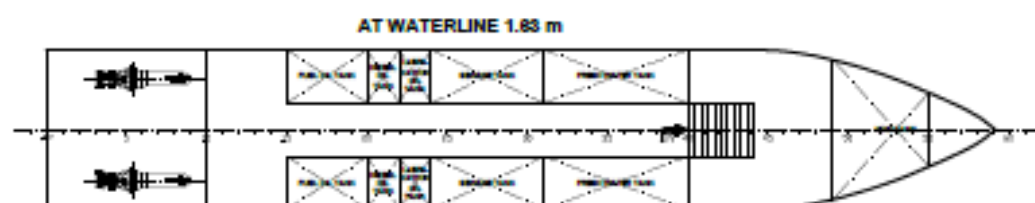
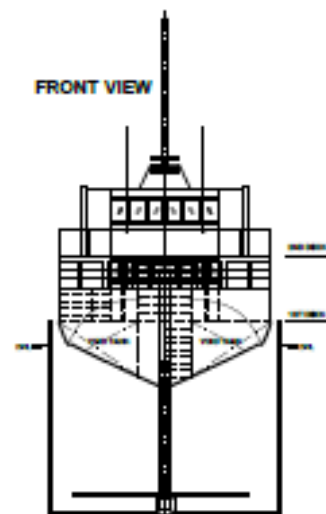
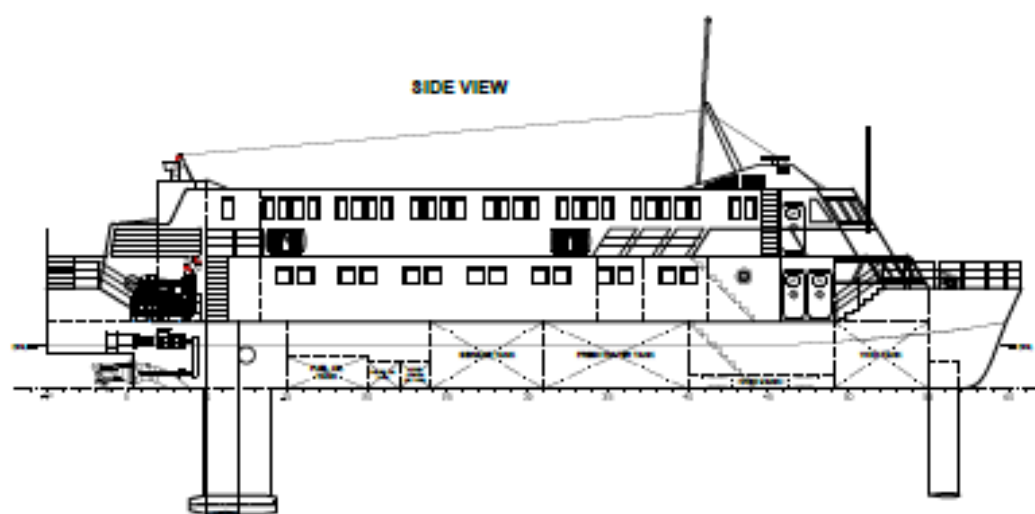
| Versi 3 | | | | Versi 3 | | | | Versi 3 | | | |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | |
| Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | |
| | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value |
| 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 |
| 2019 | Rp 19,093,654,617 | 0.869879742 | Rp 16,609,183,350 | 2019 | Rp 15,463,144,617 | 0.869879742 | Rp 13,451,076,249 | 2019 | Rp 2,160,019,617 | 0.869879742 | Rp 1,878,957,307 |
| 2020 | Rp 21,418,275,413 | 0.756690765 | Rp 16,207,011,214 | 2020 | Rp 17,352,104,213 | 0.756690765 | Rp 13,130,177,017 | 2020 | Rp 2,452,604,213 | 0.756690765 | Rp 1,855,862,959 |
| 2021 | Rp 24,090,895,193 | 0.658229968 | Rp 15,857,349,163 | 2021 | Rp 19,536,783,449 | 0.658229968 | Rp 12,859,696,338 | 2021 | Rp 2,849,343,449 | 0.658229968 | Rp 1,875,523,246 |
| 2022 | Rp 27,158,192,798 | 0.572580914 | Rp 15,550,262,864 | 2022 | Rp 22,057,587,645 | 0.572580914 | Rp 12,629,753,702 | 2022 | Rp 3,367,654,845 | 0.572580914 | Rp 1,928,254,890 |
| 2023 | Rp 30,672,940,425 | 0.498076538 | Rp 15,277,471,976 | 2023 | Rp 24,960,262,653 | 0.498076538 | Rp 12,432,121,209 | 2023 | Rp 4,027,537,917 | 0.498076538 | Rp 2,006,022,142 |
| 2024 | Rp 34,694,784,020 | 0.433266690 | Rp 15,032,094,243 | 2024 | Rp 28,296,584,916 | 0.433266690 | Rp 12,259,967,693 | 2024 | Rp 4,851,933,212 | 0.433266690 | Rp 2,102,181,044 |
| 2025 | Rp 39,291,122,238 | 0.376889917 | Rp 14,808,427,788 | 2025 | Rp 32,125,139,241 | 0.376889917 | Rp 12,107,641,053 | 2025 | Rp 5,867,129,333 | 0.376889917 | Rp 2,211,261,885 |
| 2026 | Rp 44,538,096,286 | 0.327848903 | Rp 14,601,766,030 | 2026 | Rp 36,512,195,329 | 0.327848903 | Rp 11,970,483,202 | 2026 | Rp 7,103,224,231 | 0.327848903 | Rp 2,328,784,275 |
| 2027 | Rp 50,687,161,751 | 0.285189120 | Rp 14,455,427,031 | 2027 | Rp 41,698,152,680 | 0.285189120 | Rp 11,891,859,448 | 2027 | Rp 8,760,105,050 | 0.285189120 | Rp 2,498,286,646 |
| 2028 | Rp 57,669,971,724 | 0.248080238 | Rp 14,306,780,292 | 2028 | Rp 47,602,281,564 | 0.248080238 | Rp 11,809,185,324 | 2028 | Rp 10,711,668,219 | 0.248080238 | Rp 2,657,353,198 |
| 2029 | Rp 65,596,161,210 | 0.215799973 | Rp 14,155,649,826 | 2029 | Rp 54,320,348,231 | 0.215799973 | Rp 11,722,329,688 | 2029 | Rp 13,002,861,284 | 0.215799973 | Rp 2,806,017,116 |
| NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp101,229,104,787 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp 70,631,971,933 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | -Rp 41,483,814,281 |
| INTEREST RATE RETURN | | | 38.8878% | INTEREST RATE RETURN | | | 32.3953% | INTEREST RATE RETURN | | | -0.0942% |

| Versi 4 | | | | Versi 4 | | | | Versi 4 | | | |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 100%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 70%) | | | | Rekapitulasi Arus Kas (Penumpang 50%) | | | |
| Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | | Tahun | Arus Kas | TINGKAT DISKONTO 14,95% | |
| | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value | | | Discount Factor | Present Value |
| 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 | 2018 | -Rp 65,632,318,991 | 1.000000000 | -Rp 65,632,318,991 |
| 2019 | Rp 14,127,342,117 | 0.869879742 | Rp 12,289,088,715 | 2019 | Rp 10,783,257,117 | 0.869879742 | Rp 9,380,136,918 | 2019 | -Rp 474,201,633 | 0.869879742 | -Rp 412,498,394 |
| 2020 | Rp 15,856,005,413 | 0.756690765 | Rp 11,998,092,871 | 2020 | Rp 12,110,630,213 | 0.756690765 | Rp 9,164,002,045 | 2020 | -Rp 497,723,587 | 0.756690765 | -Rp 376,622,842 |
| 2021 | Rp 17,861,152,793 | 0.658229968 | Rp 11,756,746,025 | 2021 | Rp 13,666,332,569 | 0.658229968 | Rp 8,995,589,645 | 2021 | -Rp 455,023,687 | 0.658229968 | -Rp 299,510,227 |
| 2022 | Rp 20,180,881,310 | 0.572580914 | Rp 11,555,187,473 | 2022 | Rp 15,482,682,659 | 0.572580914 | Rp 8,865,088,594 | 2022 | -Rp 333,236,347 | 0.572580914 | -Rp 190,804,772 |
| 2023 | Rp 22,858,351,559 | 0.498076538 | Rp 11,385,208,608 | 2023 | Rp 17,596,369,070 | 0.498076538 | Rp 8,764,338,587 | 2023 | -Rp 117,460,218 | 0.498076538 | -Rp 58,504,179 |
| 2024 | Rp 25,942,444,490 | 0.433266690 | Rp 11,239,997,062 | 2024 | Rp 20,049,024,102 | 0.433266690 | Rp 8,686,574,316 | 2024 | Rp 209,535,300 | 0.433266690 | Rp 90,784,666 |
| 2025 | Rp 29,488,501,964 | 0.376889917 | Rp 11,113,919,049 | 2025 | Rp 22,887,871,130 | 0.376889917 | Rp 8,626,207,844 | 2025 | Rp 667,643,671 | 0.376889917 | Rp 251,628,168 |
| 2026 | Rp 33,559,161,579 | 0.327848903 | Rp 11,002,334,325 | 2026 | Rp 26,166,455,044 | 0.327848903 | Rp 8,578,643,594 | 2026 | Rp 1,279,800,291 | 0.327848903 | Rp 419,581,122 |
| 2027 | Rp 38,390,754,879 | 0.285189120 | Rp 10,948,625,582 | 2027 | Rp 30,110,923,560 | 0.285189120 | Rp 8,587,307,778 | 2027 | Rp 2,237,870,237 | 0.285189120 | Rp 638,216,242 |
| 2028 | Rp 43,897,996,027 | 0.248080238 | Rp 10,890,225,288 | 2028 | Rp 34,624,584,950 | 0.248080238 | Rp 8,589,675,264 | 2028 | Rp 3,406,765,228 | 0.248080238 | Rp 845,151,127 |
| 2029 | Rp 50,171,548,430 | 0.215799973 | Rp 10,827,018,802 | 2029 | Rp 39,785,328,024 | 0.215799973 | Rp 8,585,672,718 | 2029 | Rp 4,821,369,935 | 0.215799973 | Rp 1,040,451,502 |
| NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp 59,374,124,809 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | Rp 31,190,918,312 | NET PRESENT VALUE (10 Tahun) | | | -Rp 63,684,446,576 |
| INTEREST RATE RETURN | | | 29.8990% | INTEREST RATE RETURN | | | 23.2776% | INTEREST RATE RETURN | | | -15.7028% |




LAMPIRAN D
DESAIN *LINES PLAN FERRY HYDROFOIL*

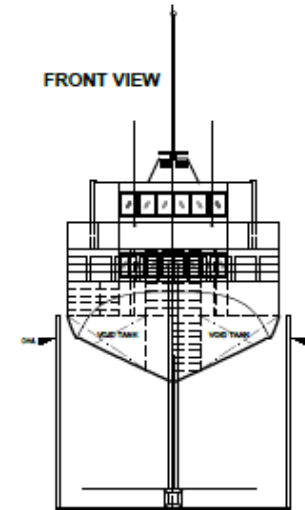
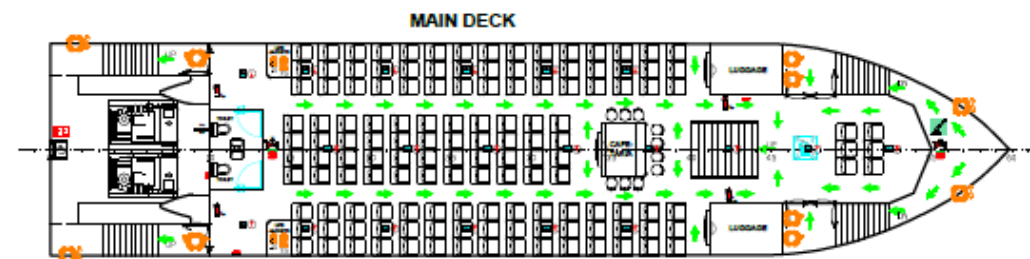
LAMPIRAN E
DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT FERRY HYDROFOIL*



| PRINCIPAL DIMENSIONS | |
|---|----------|
| LENGTH OVERALL (L_{OA}) | 36.5 m |
| LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (L_{BP}) | 35.5 m |
| BREADTH (B) | 8.7 m |
| HEIGHT (H) | 2.5 m |
| DRAUGHT (T) | 1.83 m |
| SERVICE SPEED (V_S) | 40 Knots |
| MAX SPEED (V_{MAX}) | 45 Knots |
| NACA Series (F_{all}) | 64-212 |
| NACA Series (Cl_{max}) | 0015 |


















| | | | | |
|---|--|----------|-----------|--|
|  | DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY | | | |
| ATIWEGA JETFOIL | | | | |
| GENERAL ARRANGEMENT | | | | |
| DATE | 1 - 2015 | REVISION | 1 | |
| DESIGNER | Indah Nur Hafidha | DATE | 01 - 2015 | |
| CHECK | 01 - 2015 | DATE | 01 - 2015 | |
| REVIEW | 01 - 2015 | DATE | 01 - 2015 | |
| APPROVAL | 01 - 2015 | DATE | 01 - 2015 | |

LAMPIRAN F
DESAIN *SAFETY PLAN FERRY HYDROFOIL*

[illegible]

SAFETY PLAN EQUIPMENTS

| SIGNAL | DESCRIPTION | LOCATION |
|---|--|---|
|  | FIRE CONTROL PANEL FOR FIRE DETECTOR AND ALARM SYSTEM | - Mainstage Room |
|  | RIS CONTROL PANEL | - Main Deck - Woman Deck |
|  | FIRE ALARM BELL | - Main Deck - Upper Deck - Woman Deck |
|  | PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (CO₂) | - Main Room - Main Deck - Upper Deck |
|  | PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (FOAM) | - Main Room - Main Deck - Upper Deck |
|  | PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (WATER) | - Main Room - Mainstage Room |
|  | FIRE HOSE AND NOZZLE | - Main Deck (2) - Upper Deck (2) - Woman Deck (1) |
|  | FIRE HYDRANT | - Main Deck (2) - Upper Deck (2) - Woman Deck (1) |
|  | HEAT DETECTOR | - Main Deck - Upper Deck - Woman Deck |
|  | MANUALLY OPERATED CALL POINT | - Mainstage Room - Main Room |
|  | EMERGENCY SOURCE OF ELECTRICAL POWER (BATTERY) | - Mainstage Room |
|  | FIREMAN'S QUILT | - Bottom Deck - Main Deck |
|  | SPRINKLER | - Main Deck in Upper Deck - Main Deck |
|  | HEAT DETECTOR | - Main Deck in Upper Deck - Woman Deck |
|  | FIRE EXTINGUISHER SYSTEM (CO₂) | - Bottom Deck |
|  | EMERGENCY ESCAPE BREATHING DEVICE (EBCD) | - Bottom Deck |

| SYMBOL | DESCRIPTION | LOCATION |
|---|---|---|
|  | RAILWAY STATION | - Main Deck (Star) - Upper Deck (Star) |
|  | LIFEBUOY | - Upper Deck (2) |
|  | LIFEBUOY WITH EXTERIOR LIGHT | - Main Deck (2) - Upper Deck (2) |
|  | LIFEBUOY WITH LIGHT AND EXTERIOR SIGNAL | - Main Deck (3) - Upper Deck (3) |
|  | LIFEBUOY WITH LINE | - Main Deck (4) |
|  | ROCKET PROXIMATE BLAKE | - Navigation Room |
|  | SURVIVAL CRUIT PORTABLE PACKS | - Navigation Room |
|  | LINE WARNING APPARATUS | - Main Deck |
|  | CRIBS | - Navigation Room |
|  | CHIEF LIFEBUOY | - Main Deck (20) - Upper Deck (14) |
|  | LIFEBUOY LIGHTS | - Main Deck (10) - Upper Deck (10) |
|  | INMARSAT | - Navigation Room |
|  | RAVING INMARSAT | - Navigation Room |
|  | WATER INMARSAT | - Navigation Room |
|  | VHF RADIO - TELEPHONE | - Navigation Room |
|  | LIFEBUOY | - |
|  | RAVING TRANSOMER | - Navigation Room |

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| LENGTH OVERALL | (L_{OL}) : 38.5 m |
| LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR | (L_{PP}) : 35.5 m |
| BREADTH | (B) : 8.7 m |
| HEIGHT | (H) : 2.5 m |
| DRAUGHT | (T) : 1.63 m |
| SERVICE SPEED | (V_S) : 40 Knot |
| MAX SPEED | (V_{MAX}) : 45 Knot |
| NACA Series | (Foil) : 64- 212 |
| NACA Series | (Strut) : 0015 |



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

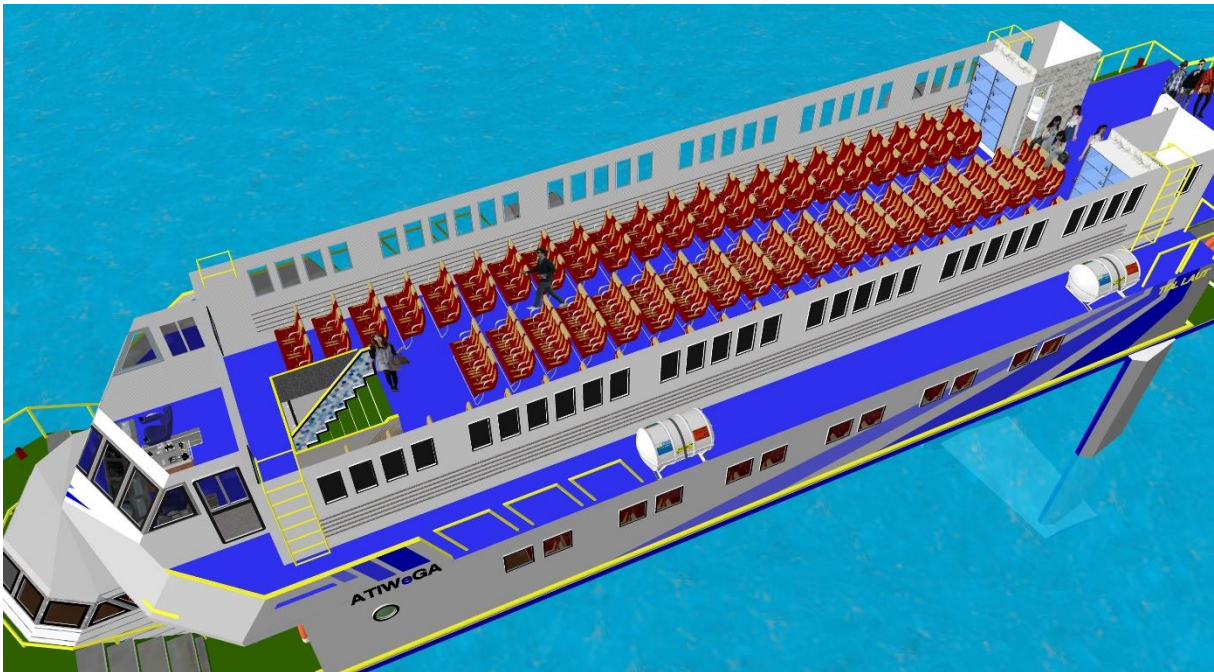
ATIWÉGA JETFOIL

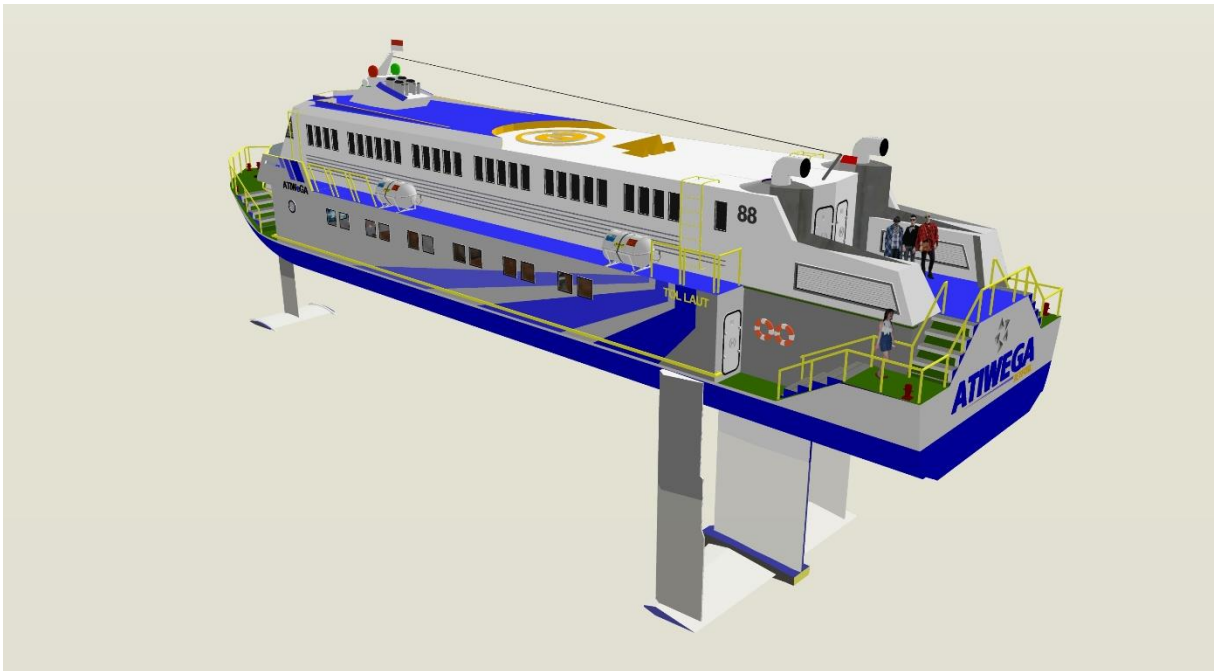
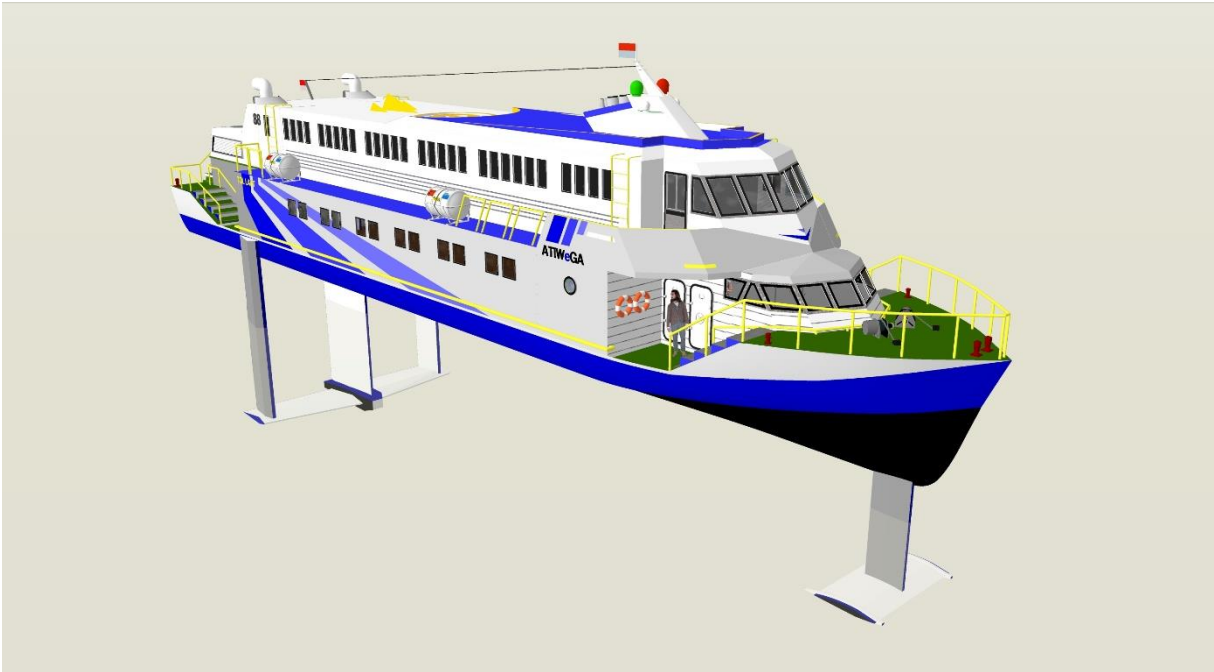
SAFETY PLAN

| SOURCE | D: 2018, A1 | DATE | DATE | DATE |
|----------------|----------------|------|------|------|
| BROWN, JR. | 401 S. 100 ST. | | | |
| W.P. | 411 S. 100 ST. | | | |
| HICKS, JR. | 401 S. 100 ST. | | | |
| ARMSTRONG, JR. | 401 S. 100 ST. | | | |

LAMPIRAN G
DESAIN 3D MODEL *FERRY HYDROFOIL*







BIODATA PENULIS



RADITYO NUGRA ERLANGGA itulah nama lengkap Penulis. Dilahirkan di Surabaya, 27 Mei 1995 dan dibesarkan di Kota DKI Jakarta. Penulis merupakan anak tunggal dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar di TK Pertiwi Teladan, Surabaya kemudian melanjutkan di SDIT Fajar Hidayah, Kota Wisata, Cibubur, Bogor dan pada kelas 6 pindah ke SDN Pekayon 07 Pagi Pasar Rebo, Jakarta Timur, tingkat SMP di SMPN 147 Cibubur – Jakarta Timur dan tingkat SMA di SMAN 99 Cibubur – Jakarta Timur. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur Program Kemitraan dan Mandiri (PKM).

Di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis aktif berkegiatan di bidang non – akademik dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) FTK ITS sebagai *Staff* Kepanitiaan Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) FTK ITS. Dalam kepanitiaan tersebut antara lain menjadi *Staff* Dana Usaha SAMPANESIA – SAMPAN 8 FTK ITS tahun 2014, dan Koordinator *Sponsorship* SAMPANESIA – SAMPAN 9 FTK ITS tahun 2015. Selain itu, Penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan lainnya yaitu Latihan Bersama *Time Rally* Mobil pada tahun 2013, 2016, dan 2017 yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Mesin FTI ITS dan menempati peringkat 2 dari 3 besar.

Email : radityonugra@gmail.com / radityo.nugra13@mhs.na.its.ac.id

Phone : + 62 812 5900 5200 / +62 811 159 5200